

FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
DOUTORADO EM DENTÍSTICA RESTAURADORA

CILEA SLOMP

**CARGA MÁXIMA DE CARREGAMENTO E MODO DE FALHA DE DIFERENTES  
MATERIAIS E TÉCNICAS RESTAURADORAS OCLUSAIS EM  
MOLARES ENDODONTICAMENTE TRATADOS**

Porto Alegre  
2019

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica  
do Rio Grande do Sul

CILEA SLOMP

**Carga máxima de carregamento e modo de falha  
de diferentes materiais e técnicas restauradoras oclusais  
em molares endodonticamente tratados**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Doutor(a) em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora.

Linha de Pesquisa: Tecnologias e Técnicas Restauradoras

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr.

Porto Alegre

2019

## Ficha Catalográfica

S634c Slomp, Cilea

Carga máxima de carregamento e modo de falha de diferentes materiais e técnicas restauradoras oclusais em molares endodonticamente tratados / Cilea Slomp . – 2019.

66 f.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Júnior.

1. Resistência à fratura. 2. Resina composta. 3. Bulk fill. 4. Pino transfixado.  
5. Table top. I. Burnett Júnior, Luiz Henrique. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Bibliotecária responsável: Salete Maria Sartori CRB-10/1363

CILEA SLOMP

**Carga máxima de carregamento e modo de falha  
de diferentes materiais e técnicas restauradoras oclusais  
em molares endodonticamente tratados**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Doutor(a) em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr. – PUCRS

---

Prof. Dr. Tiago André Fontoura de Melo

---

Prof. Dr. Luiz Cesar da Costa Filho

---

Profa. Dra. Deborah Stona

*“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória  
é o desejo de vencer”.*

(Mahatma Gandhi)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a uma das pessoas mais maravilhosas que já conheci, meu amado marido **Alexsandro José Ferreira**, pelo amor e apoio incondicional nessa caminhada. Alex, sou privilegiada em conviver com alguém tão incrível, sempre me incentivando, motivando, alegrando e já tendo se tornado um pai maravilhoso!

Ao **Breno Slomp Ferreira**, que ainda não tive a bênção de ter em meus braços, mas já sinto em meu ventre seus movimentos e já dividimos emoções e sensações únicas! Há alguns meses, meu Breno tem participado de tudo, compreendendo e por vezes confortando a mamãe! Breno, já és muito amado aqui fora e, quando crescer, terei belas histórias pra contar das experiências do Doutorado com você juntinho a mim, no momento certo da minha vida!

Aos meus fantásticos pais, meus queridos e grandes exemplos **Jane Vanderli Streck Slomp** e **José Paulo Slomp**, por me amarem, por terem participado de cada conquista, vibrando e me confortando sempre e por terem me proporcionado todo o aprendizado na vida e nos estudos. Amo vocês demais e serei eternamente grata por tê-los como pais!

À minha sensacional irmã **Alice Ângela Slomp**, por ter sempre palavras e conselhos certos, por ter uma alma tão grandiosa e bondosa, sempre me apoiando e ajudando ao longo da vida. Agradeço também ao meu querido cunhado **Eduardo Lima de Oliveira** e à minha sobrinha amada **Camila Slomp de Oliveira**, tão plena, leve e bela, grande inspiração pra alegria da dinda!

Agradeço imensamente ao meu excelente orientador, professor **Dr. Luiz Henrique Burnett Jr.**, por toda a sua dedicação, experiência compartilhada, inteligência

ímpar e sabedoria plena. Muito obrigada por tudo, por ser esse grande exemplo profissional, o qual admiro tanto, pelo privilégio de poder pesquisarmos juntos, e por ter contribuído significativamente ao longo de todos esses 6 anos na minha formação e crescimento profissional.

Aos competentes professores da banca, **Dr. Tiago André Fontoura de Melo, Dr. Luiz Cesar da Costa Filho e Dra. Deborah Stona**, pelas significativas contribuições.

À querida professora **Dra. Ana Maria Spohr**, por toda a sua dedicação, boa vontade, empenho e colaboração na condução da pesquisa.

Ao querido professor **Dr. Eduardo Gonçalves Mota** por ter contribuído com sabedoria na qualificação do projeto da presente pesquisa.

Aos queridos colegas **Jean Francisco Kipper**, por todo o seu trabalho árduo e dedicação na obtenção dos dentes, objetos da pesquisa; à **Isadora de Souza Basso** por todo o seu empenho e cordialidade na realização das Endodontias; e à **Mariá Cortina Bellan**, por seu auxílio na condução laboratorial da pesquisa!

Às minhas grandes amigas e colegas, **Heloísa Pressi Bettiol e Pâmella Tomazi Godoy de Oliveira**, por terem dividido momentos inesquecíveis, trocando ideias, experiências, alegrias e por todo o incentivo e motivação. Muito obrigada pela amizade de vocês.

À **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, a todos os professores do PPGO e na pessoa da coordenadora do curso de pós-graduação em Odontologia, professora **Dra. Maria Martha Campos**, que viabilizaram esta oportunidade de aprendizado.

À **3M ESPE** e à **Angelus** pela contribuição com o fornecimento dos materiais.

Também, à **CAPES** pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço imensamente a todos que participaram dessa trajetória que concretiza a realização de um sonho de vida!



## RESUMO

**Objetivos:** Testar a carga de fratura de molares endodonticamente tratados com restaurações oclusais em resina composta direta com ou sem pino de fibra de vidro transfixado e com laminados oclusais em resina nanocerâmica comparados à dentes hígidos; e avaliar o padrão de falha na aplicação de força ao longo eixo do dente.

**Materiais e métodos:** Oitenta dentes terceiros molares hígidos extraídos receberam acesso oclusal, terapia endodôntica e foram distribuídos aleatoriamente em 8 grupos (n=10), conforme intervenção: acesso oclusal (AO); pino transfixado (PT); pino transfixado com resina composta (PTR); pino transfixado com bulk fill (BFP); resina composta (RC); resina bulk fill (BF); laminados oclusais em resina nanocerâmica LAVA (TTL); hígidos (H). Os corpos de prova foram submetidos à ciclagem mecânica de 500.000 ciclos com carga de 200 N e posteriormente foi realizado teste de carregamento de fratura com força compressiva ao longo eixo do dente sob velocidade constante de 1 mm/min.

**Resultados:** Os valores médios obtidos foram, em N (médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística para ANOVA e Tukey) ( $p>0,05$ ): H 4101±476 A; BFP 2443±317 B; TTL 2288±461 B; PTR 2188±262 B; BF 1672±252 C; RC 1352±257 CD; PT 1193±346 CD; AO 941±342 D. O padrão de falha foi predominantemente reparável para todos os grupos, exceto o TTL com prognóstico 70% irreparável.

**Conclusão:** Dentes molares tratados endodonticamente e com acesso oclusal tradicional apresentaram prognóstico predominantemente reparável com exceção do grupo *table top*. O uso de *table tops* ou do pino de fibra de vidro transfixado horizontalmente associado às resinas compostas Bulk Fill ou convencional aumenta a resistência à fratura quando comparado aos grupos sem pino de fibra de vidro.

Palavras-chave: resistência à fratura, resina composta, bulk fill, pino transfixado, *table top*

## ABSTRACT

**Objectives:** To test the fracture strength of endodontically treated molars restored with nanoceramic *table tops* or occlusal resin composites direct restorations associated or not to horizontal fiberglass post; and to evaluate the failure pattern after the fracture strength testing.

**Materials and methods:** Eighty sound extracted third molar teeth received occlusal access, endodontic therapy and were randomly assigned into 8 groups (n = 10), according to intervention: occlusal access (AO); transfixated post (PT); transfixated post filled with composite resin (PTR); transfixated post filled with bulk fill (BFP); composite resin (RC); bulk fill resin (BF); occlusal laminates in LAVA nanoceramic resin (TTL); healthy teeth (H). The specimens were submitted to 500,000 cyclic fatigue loading at 200 N and subsequently, a fracture loading test was performed with compressive force along the tooth axis at cross-head speed of 1 mm/min.

**Results:** The mean values obtained were, in N (means followed by the same letter do not present statistical difference for ANOVA and Tukey) ( $p > 0.05$ ): H  $4101 \pm 476$  A; BFP  $2443 \pm 317$  B; TTL  $2288 \pm 461$  B; PTR  $2188 \pm 262$  B; BF  $1672 \pm 252$  C; RC  $1352 \pm 257$  CD; En  $1193 \pm 346$  CD; AO  $941 \pm 342$  D. The failure pattern was predominantly repairable for all groups, except to TTL with 70% irreparable prognosis.

**Conclusion:** Endodontically treated molar teeth with traditional occlusal access presented a predominantly repairable prognosis, except to TTL group. The use of *table tops* or horizontally transfixated fiberglass post associated to Bulk Fill or conventional composite resins increases the fracture resistance compared to groups without fiberglass post.

**Keywords:** fracture strength, composite resin, bulk fill, fiberglass post, *table top*

## LISTA DE FIGURAS

Fig 1: Padronização da altura coronária em $\pm 9$ mm.....	22
Fig 2: Poliéter simulando o ligamento periodontal .....	23
Fig 3: Confeção do grupo PT. A - preparo do orifício de entrada do pino com ponta diamantada #1012. B - condicionamento com ácido fosfórico 37% seletivo no esmalte. C - aplicação do adesivo universal. D - vista lateral. E - vista oclusal do pino transfixado previamente ao corte das extremidades. ....	30
Fig 4: Confeção do grupo PTR. A - condicionamento com ácido fosfórico 37% seletivo no esmalte. B - aplicação do adesivo universal. C - aplicação de resina flow no orifício de entrada do pino e incremento de resina composta na parede pulpar previamente à fotoativação. D - vista oclusal do pino com o incremento inicial de resina após fotoativação do conjunto. E - vista lateral após a resina ter sido inserida pela técnica incremental e previamente ao recobrimento final do pino. F - vista palatina do corpo-de-prova evidenciando a restauração final com o pino totalmente englobado, com suas extremidades revestidas por resina composta.....	32
Fig 5: Confeção do grupo BF. A - incremento único de resina em torno de 4mm de espessura sendo inserido na cavidade oclusal. B - restauração previamente à fotoativação. C - fotopolimerização da resina BF em um único incremento. ....	33
Fig 6: Configuração do preparo coronário do grupo TTL.....	35
Fig 7: preparo do grupo TTL. A-C - desgaste oclusal com pontas diamantadas tronco-cônicas seguindo a inclinação das cúspides e vertentes do dente. D - vista oclusal do preparo concluído. ....	36
Fig 8: Confeção do laminado oclusal no CEREC. A - <i>table top</i> posicionada no bloco previamente à fresagem. B - vista axial da peça posicionada sobre o preparo dentário, evidenciando a espessura média de 1 mm. ....	37
Fig 9: Cimentação adesiva do grupo TTL. A - preparo da peça com adesivo universal; B - aplicação do adesivo universal no dente (após ter sido condicionado). C - laminado sendo aplicado para a cimentação. D - remoção dos excessos do cimento resinoso dual. E - aspecto final do laminado oclusal após cimentação.....	40
Fig 10: Teste de carregamento de fratura com força aplicada ao longo eixo do dente ..	42
Fig 11: Fraturas do grupo TTL predominantemente irreparáveis .....	46
Fig 12 A-C: Fraturas reparáveis correspondendo ao padrão predominante nos grupos AO, PTR e RC, respectivamente.....	46

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1. Distribuição dos grupos .....	24
TABELA 2. Composição química e propriedades mecânicas dos materiais utilizados na pesquisa, conforme informações dos fabricantes .....	27
TABELA 3. Materiais utilizados na cimentação do grupo TTL .....	38
TABELA 4. Protocolo de cimentação adesiva TTL.....	39
TABELA 5. Médias de carregamento máximo de fratura.....	44
TABELA 6. Percentual de falhas quanto ao prognóstico.....	45

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

%	Porcentagem
+	Mais
=	Igual a
±	Mais ou menos
°C	Grau Celsius
AC	<i>Acquisition Center</i>
AFR	Annual Failure Rate (índice de Falha Anual)
AFM	Monômero de fragmentação adicional
AFO	Ácido fosfórico
ANOVA	Análise de Variância
AO	Acesso oclusal
AUDMA	Uretano dimetacrilato aromático
BF	Bulk Fill
BFP	Bulk Fill + Pino
Bis-EMA	Bisfenol A glicidil dimetacrilato etoxilado
Bis-GMA	Bisfenol A glicol dimetacrilato
CAD	<i>Computer Aided Design</i>

CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CCEFO	Comitê Científico e de Ética da Faculdade de Odontologia
CEREC	<i>Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramic</i>
cm	Centímetro
DMA	Dimetacrilato
et al.	Abreviatura de et alii (e outros)
H	Hígidos
HEMA	2-hidroxietil metacrilato
IG1	Inferior Grupo 1
IG8	Inferior Grupo 8
JAC	Junção amelo-cementária
Kg	Quilograma
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MDP	<i>10-methacryloyldecyl dihydrogen phosphate</i>
min	Minuto
mm	Milímetro
mm/minuto	Milímetro por minuto
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatts por centímetro quadrado
n	Número de corpos de prova

N	Newton
p	Nível descritivo ou probabilidade de significância
PEGDMA	Polietilenoglicol di-metacrilato
PT	Pino transfixado
PTR	Pino transfixado + Resina
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PVC	Policloreto de Vinila
RC	Resina Composta
RNC	Resina Nanocerâmica
RXU	RelyX Ultimate
s	Segundos
SBU	Single Bond Universal
SG1	Superior Grupo 1
SG8	Superior Grupo 8
TEGDMA	Trietilenoglicoldimetacrilato
TTL	<i>Table Top</i> Lava
UDMA	Uretanodimetacrilato
$\alpha$	Nível de significância
$\mu\text{m}$	Micrômetros

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	21
<b>2.1. Inclusão das amostras</b> .....	22
<b>2.2. Preparo dos dentes: acesso oclusal e tratamento endodôntico</b> .....	25
<b>2.3. Tratamento restaurador</b> .....	26
<b>2.3.1. Grupo H</b> .....	28
<b>2.3.2. Grupo AO</b> .....	28
<b>2.3.3. Grupo PT</b> .....	28
<b>2.3.4. Grupo PTR</b> .....	31
<b>2.3.5. Grupo RC</b> .....	33
<b>2.3.6. Grupo BF</b> .....	33
<b>2.3.7. Grupo BFP</b> .....	34
<b>2.3.8. Grupo TTL (<i>Table Top</i> em Lava)</b> .....	34
<b>2.3.8.1. TTL: Preparo</b> .....	34
<b>2.3.8.2. TTL: Confecção dos Blocos em CEREC AC</b> .....	37
<b>2.3.8.3. TTL: Cimentação adesiva</b> .....	38
<b>2.4. Ciclagem mecânica</b> .....	41
<b>2.5. Teste de carregamento de fratura</b> .....	41
<b>2.6. Falhas</b> .....	42
<b>2.7. Análise estatística</b> .....	42
<b>3. RESULTADOS</b> .....	44
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	47
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	59
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60
<b>ANEXO A – CARTA DE APROVAÇÃO DO CEP- PUCRS</b> .....	64
<b>ANEXO B – TERMO DE DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS</b> .....	65



## 1. INTRODUÇÃO

Os dentes endodonticamente tratados possuem alterações estruturais atribuídas à perda tecidual decorrentes de lesões cariosas, fraturas, preparos cavitários, incluindo o acesso prévio à terapia endodôntica, o alargamento do canal durante os procedimentos endodônticos e o uso de substâncias químicas irrigadoras. (1) Estas modificações diferenciam significativamente o comportamento biomecânico entre dentes vitais ou tratados endodonticamente. (2)

É primordial a quantidade de remanescente coronário para a seleção do material restaurador e técnica a ser utilizada em dentes com endodontia. (3) Dessa forma, parece haver uma relação direta entre o número de paredes residuais e a resistência à fratura de um dente. (4) Assim, tem sido relatado para molares endodonticamente tratados na presença de máxima preservação do remanescente coronário, uma sobrevivência de apenas 78% após 5 anos de acompanhamento. (5) Visto que a perda de uma única parede de dentes com acesso endodôntico reduz em 14 % a 44 % suas propriedades mecânicas (6, 7), há poucos estudos sobre o seu comportamento na presença de comprometimento unicamente da face oclusal. (8)

A longevidade de um dente com endodontia é influenciada diretamente pela técnica e material restaurador selecionado. (2, 5) Idealmente, materiais que restabeleçam a anatomia, função e oclusão adequados são fundamentais ao sucesso restaurador. (9) Associado a isso, é desejável que apresentem propriedades mecânicas suficientes para suportar esforços mastigatórios e que sejam favoráveis ao comportamento biomecânico do dente, possibilitando reparo na ocorrência de fratura. (10) Adicionalmente, a técnica adesiva para dentes endodonticamente tratados possibilita restaurações conservadoras,

minimizando a necessidade de retenções macromecânicas adicionais e conseqüentemente o desgaste dentário estendido. (11)

Nesse contexto, tradicionalmente como escolha para restaurar cavidades exclusivamente oclusais, tem sido utilizadas resinas compostas diretas. (12, 13) Como benéficos, apresentam baixo custo, aumentam a resistência à fratura de dentes endodonticamente tratados e permitem uma abordagem conservadora. (14) No entanto, estudo comparando o uso de resinas compostas diretas com outros materiais em molares endodonticamente tratados sem recobrimento coronário demonstrou uma média de sobrevivência de 96%, 88%, e 36% após 1, 2, e 5 anos, respectivamente. (5) Possivelmente devido à elevada estimativa de insucesso longitudinalmente, têm sido propostas novas modalidades restauradoras para essa situação clínica.

Recentemente, o uso de resinas compostas de único incremento, denominadas Bulk Fill, tem sido pesquisado em cavidades de maior profundidade, reduzindo assim o tempo clínico e a criteriosidade da técnica convencional incremental. (15, 16) Com maior facilidade de uso e maior escoamento em cavidades de difícil acesso, seu uso tem sido indicado em incrementos maiores em torno de 4 mm de espessura. (17) Em contrapartida, devido às controvérsias em relação às propriedades mecânicas de rigidez em comparação às restaurações em resinas compostas convencionais (16, 18), carece de estudos à longo prazo.

Como alternativa, internamente às restaurações de resina composta pode-se utilizar a transfixação horizontal com pino de fibra de vidro nas paredes vestibular e lingual. (19, 20) Essa técnica tem demonstrado um aumento significativo da resistência à fratura quando comparada à restauração exclusivamente com resina composta. (21) Por reforçar a estrutura dentária com o mínimo preparo possível e possivelmente devido ao

módulo de elasticidade ser similar à dentina, apresenta dissipação de forças bidirecionalmente, evidenciando que a transfixação de pino é uma técnica viável e promissora. (20)

Outra técnica restauradora para dentes com perda de dimensão vertical de oclusão são os laminados oclusais ou *table tops*. (22) Estes consistem em fragmentos de espessura fina e ultra-fina, não-retentivos, cimentados adesivamente à face oclusal. (22, 23) Como vantagens, além da recuperação coronária decorrente do desgaste, estão a proteção de cúspides, reabilitação da estética e da mastigação habitual por parte do indivíduo, além de serem altamente conservadores. (24) Quando confeccionados em CAD-CAM (Computer Aided Design Computer Aided Manufacturing) tem demonstrado ser uma técnica viável (24, 25), no entanto, carecendo de estudos na aplicação em dentes endodonticamente tratados.

Assim, não há um consenso na literatura quanto ao material e técnica ideais para restaurar molares endodonticamente tratados e restaurados unicamente na face oclusal.

O objetivo do presente estudo foi testar *in vitro* a carga máxima de carregamento em molares endodonticamente tratados com restaurações oclusais em resina composta direta convencional e Bulk Fill com ou sem pino de fibra de vidro transfixado e com laminados oclusais em resina nanocerâmica comparados à dentes hígidos; além de determinar a localização de falha na aplicação de força ao longo eixo do dente.

As seguintes hipóteses foram postuladas: 1) não haverá diferença *in vitro* no carregamento máximo à fratura entre restaurações oclusais em resina composta direta convencional e Bulk Fill com ou sem pino de fibra de vidro transfixado e com laminados oclusais em resina quando utilizadas em molares endodonticamente tratados comparados à dentes hígidos. 2) As restaurações oclusais confeccionadas com resinas compostas com

e sem transfixação de pino de fibra de vidro ou com resina CAD-CAM não induzirão fratura no assoalho pulpar.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenho experimental da pesquisa foi submetido à aprovação do CCEFO (Comitê Científico e de Ética da Faculdade de Odontologia) da PUCRS (Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul) e do CEP (Comitê de Ética em Pesquisa) da PUCRS. (Anexo A)

De acordo com teste piloto prévio, o cálculo do número de repetições por tipo de restauração foi realizado considerando um nível de significância de 5%, um poder nominal de 80%, uma diferença mínima entre as resistências médias de 230 N e um desvio padrão de 90 N. A partir destes parâmetros, o número mínimo de repetições foi igual a 10 dentes por grupo. Oitenta dentes terceiros molares humanos hígidos recentemente extraídos por indicação terapêutica foram obtidos de clínica privada própria. Os dentes extraídos foram distribuídos em 8 grupos (n=10). Cada grupo foi composto por 5 molares superiores e 5 molares inferiores distribuídos aleatoriamente por sorteio de acordo com o seguinte critério: SG1 (superior Grupo 1) até SG8 (superior Grupo 8); IG1 (inferior Grupo 1) até IG8 (inferior Grupo 8) e assim sucessivamente até completar 10 amostras por grupo.

A variável “tamanho do dente”, que corresponde às medidas méso-distal e vestibulo-lingual de cada dente, foi mensurada em milímetros com um paquímetro digital (Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil) calibrado em 0,1 mm no ponto mais proeminente dessas faces, demarcado previamente com auxílio de uma lapiseira. Foram considerados dentes cuja largura méso-distal correspondeu, em mm, a  $10 \pm 0,5$  e vestibulo-lingual a  $9 \pm 0,5$  (27). Além disso, foi padronizada a altura coronária, em  $9 \pm 0,5$  mm de distância da face cervical à oclusal de cada dente preparado (conforme figura 1).

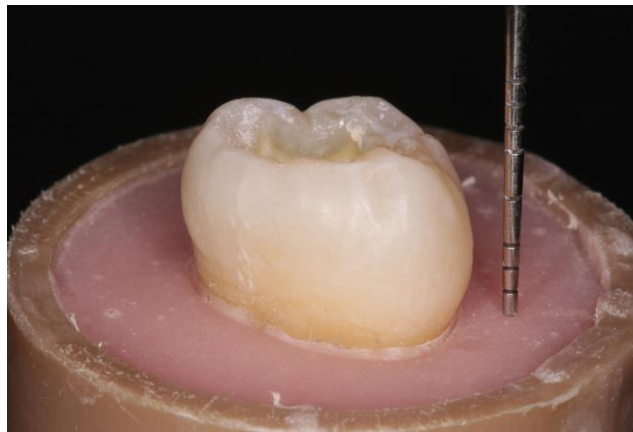


Fig 1: Padronização da altura coronária em  $\pm 9$  mm

Dentes com tecido cariado, restaurações, fraturas ou trincas foram excluídos da amostra. Os dentes foram imersos em solução de cloramina T 0,5% durante 24 horas para desinfecção e após, removidos manualmente eventuais resíduos ligamentares e cálculos dentais.

## 2.1. Inclusão das amostras

As amostras foram incluídas em resina acrílica de acordo com o seguinte protocolo:

Cada raiz foi recoberta por uma camada de espessura de 0,3 mm de poliéter (Impregum Soft, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA) conforme figura 2 para simular o ligamento periodontal. (28)



Fig 2: Poliéter simulando o ligamento periodontal

Conforme Beltrão *et al* (21), cada dente foi verticalmente introduzido em um tubo cilíndrico de PVC (Policloreto de vinila) de 2 cm de diâmetro e 2 cm de altura fixado em sua extremidade radicular por cera utilidade. Foram demarcadas à lápis em cada amostra as linhas de referência lingual/ palatina e vestibular que serviram de guia para incluí-las numa posição centralizada. As amostras foram removidas do tubo de PVC para a introdução da resina acrílica autopolimerizável Jet Clássico (Clássico Indústria Brasileira, São Paulo, SP, Brasil) na fase plástica. Após, foram reposicionadas conforme as linhas guias previamente demarcadas de modo que a resina acrílica recobrisse a porção radicular até 2 mm apicalmente à JAC (junção amelo-cementária), medida que corresponde aproximadamente ao nível ósseo alveolar em dentes saudáveis. (28) As amostras receberam identificação com os números 01 a 10 escritos nos tubos de PVC em cada grupo experimental (tabela 1).

TABELA 1. Distribuição dos grupos

<b>Grupos</b>	<b>Marca comercial</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Material</b>	<b>n</b>
HÍGIDO (H)	—	—	—	10
ACESSO OCLUSAL (AO)	—	—	—	10
PINO TRANSFIXADO (PT)	Reforpost	Angelus (Londrina, PR, Brasil)	Pino de fibra de vidro	10
PINO TRANSFIXADO + RESINA COMPOSTA (PTR)	Reforpost + Z250 XT	Angelus (Londrina, PR, Brasil) + 3M ESPE (St Paul, MN, EUA)	Pino de fibra de vidro + Resina composta microhíbrida	10
RESINA COMPOSTA (RC)	Z250 XT	3M ESPE (St Paul, MN, EUA)	Resina composta microhíbrida	10
RESINA BULK FILL (BF)	Filtek™ One Bulk Fill	3M ESPE (St Paul, MN, EUA)	Resina composta nanoparticulada	10
RESINA BULK FILL + PINO (BFP)	Filtek™ One Bulk Fill + Reforpost	3M ESPE (St Paul, MN, EUA) + Angelus (Londrina, PR, Brasil)	Resina composta nanoparticulada + pino de fibra de vidro	10
TABLE TOP LAVA (TTL)	Lava™ Ultimate	3M ESPE (St Paul, MN, EUA)	Resina nanocerâmica (RNC)	10



## **2.2. Preparo dos dentes: acesso oclusal e tratamento endodôntico**

Os dentes foram acessados endodonticamente na face oclusal. O tratamento endodôntico seguiu o seguinte protocolo: para a abertura coronária, foram utilizadas pontas diamantadas número 02 e 04 (KG Sorensen Ind. e Com Ltda., Barueri, SP, Brasil) em alta rotação e refrigeradas. A forma de conveniência do preparo foi obtida utilizando brocas Endo-Z (Dentsply Ind. e Com Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil) em alta rotação e refrigeração. Nesse momento, foi realizada irrigação com hipoclorito de sódio a 1% (Johnson&Johnson Produtos Profissionais Ltda., São José dos Campos, SP, Brasil) utilizando seringa plástica dosadora de 5ml Plas Cap (Becton Dickinson Ind. Cir Ltda., Curitiba, PR, Brasil) para remover a dentina socavada. Após, a exploração dos canais foi realizada com lima File número 15 (Flexo File, Dentsply Ind. e Com Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil) e o preparo cervical dos canais, realizado com brocas Gattes-Glidden número 01 e 02 (Dentsply Ind. e Com Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil), preservando as paredes circundantes da câmara pulpar e a região cervical do dente, padronizando com broca acionada sem movimentos de lateralidade, com cuidadosa irrigação dos canais com hipoclorito de sódio a 1%. Após isso, os canais foram irrigados com soro fisiológico em abundância para a eliminação total da solução irrigadora e foram secos com cones de papel (Tanari Indústria Ltda., Manacapuru, AM, Brasil), estando prontos para receber a gutapercha (Dentsply Ind. e Com Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil). Foi realizada condensação vertical na gutapercha com condensador de Paiva número 2 (Dentsply Ind. e Com Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil) somente na região correspondente ao terço cervical da raiz. Assim que essa etapa foi concluída, as amostras foram recolocadas no recipiente original com soro fisiológico para prevenir desidratação.

### **2.3. Tratamento restaurador**

Os materiais restauradores, objetos da presente pesquisa, bem como sua composição química e propriedades mecânicas conforme informação do fabricante, estão descritos na tabela 2.

TABELA 2. Composição química e propriedades mecânicas dos materiais utilizados na pesquisa, conforme informações dos fabricantes

Material	Resina composta Z250 XT (3M ESPE)	Resina composta Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE)	Pino de fibra de vidro Reforpost (Angelus)	Lava™ Ultimate (3M ESPE)	Dentina*
<b>Composição química</b>	Resina microhíbrida com nanopartículas de 20nm, composta por matriz inorgânica de zircônia/sílica com 81,8% em peso e 67,8% em volume e matriz orgânica, de Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, PEGDMA e TEGDMA	Resina nanoparticulada com matriz inorgânicas de partículas de sílica de 20 nm não-aglomeradas/não-agregadas; zircônia de 4 a 11 nm não-aglomeradas/não-agregadas, nanoaglomerados de zircônia/sílica e trifluoreto de itérbio em partículas aglomeradas de 100 nm. Conteúdo inorgânico cerca de 76,5% em peso (58,5% volume). Contém AFM, AUDMA, UDMA e 1, 12-dodecano-DMA	Fibra de vidro (80%); resina pigmentada (19%), filamento de aço inoxidável (1%)	Resina nanocerâmica contendo BIS-GMA BISEMA UDMA TEGDMA  80% de partículas nanocerâmicas  Combinação não-aglomerada de 20nm de sílica, 4-11 nm de zircônia e clusters de zircônia/sílica	Matriz orgânica 20% colágeno e proteínas; matriz inorgânica 70% hidroxiapatita carbonatada; água (10%).
<b>Módulo de elasticidade (GPa)</b>	10,2 (67)	11,5	40	13	18
<b>Resistência à compressão (MPa)</b>	385	300	206	380	297
<b>Resistência à flexão (MPa)</b>	155	158	800	200	213
<b>Tenacidade à fratura (MPa m<sup>1/2</sup>)</b>	±2	1,9	---	2,0 – 2,2	± 2,3
<b>Lote</b>	846312 1727000375	N930814 1811300790	100349	N735137 3314A2-HT	---

\*dados usados como parâmetro de comparação.

Legenda: Bis-GMA: bisfenol A glicol dimetacrilato; UDMA: uretanodimetacrilato; Bis-EMA: bisfenol A glicidil dimetacrilato etoxilado; PEGDMA: polietilenoglicol di-metacrilato; TEGDMA: trietilenoglicoldimetacrilato; AFM: monômero de fragmentação adicional; AUDMA: uretano dimetacrilato aromático; DMA: dimetacrilato.

### **2.3.1. Grupo H**

Corpos de prova constituídos por dentes hígidos foram o grupo-controle, composto por dentes íntegros. Neste, não foi realizada nenhuma intervenção restauradora nem preparo dentário.

### **2.3.2. Grupo AO**

Neste grupo, foi realizado somente o acesso oclusal e o tratamento endodôntico, conforme descrito no item 2.2, sem a presença de restauração.

### **2.3.3. Grupo PT**

Esse grupo foi constituído unicamente por pinos de fibra transfixados, conforme figura 3. Os preparos cavitários do grupo PT tiveram a face vestibular e lingual perfuradas no sentido vestibulo-lingual com uma ponta diamantada #1012 (KG Sorensen Ind. e Com Ltda., Barueri, SP, Brasil) sob constante irrigação no ponto mais proeminente das faces (fig 3A). Em seguida, a broca de preparo com o diâmetro do pino de fibra de vidro de 1,1 mm (Reforpost, Angelus, Londrina, PR, Brasil) foi inserida no interior dos orifícios.

Os preparos cavitários do grupo PT tiveram a entrada do orifício condicionada com ácido fosfórico 37% durante 20s (fig 3B) sendo, em seguida, lavados com spray de

ar-água durante 40s. Após, foram secos com jatos de ar durante 5s e, em seguida, aplicado ativamente o sistema adesivo Single Bond Universal (3M ESPE, St Paul, MN, EUA), durante 20s (fig 3C). Após, foi aplicado um jato de ar durante 5s, seguido de fotoativação durante 20s, com uma unidade de luz Valo (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) com intensidade de luz equivalente a 1400 mW/cm<sup>2</sup>. Essa técnica adesiva descrita foi também utilizada nos demais grupos testados no estudo.

O pino de fibra de vidro teve a superfície limpa com álcool seguido da aplicação do sistema adesivo Single Bond Universal e de jato de ar durante 5s. A resina Filtek Z350 XT Flow (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) foi inserida nos orifícios de transfixação e o pino de fibra de vidro foi posicionado no sentido horizontal (vestíbulo-lingual) (fig 3 D-E), sendo posteriormente realizada a remoção dos excessos da resina flow e fotoativado o conjunto. As extremidades vestibular e lingual do pino de fibra foram cortadas com uma ponta diamantada #2135 (KG Sorensen Ind. e Com Ltda., Barueri, SP, Brasil). Após, foi aplicado Single Bond Universal na região do corte e então aplicada camada de resina composta Z250 XT para a proteção dos pinos de fibra de vidro.

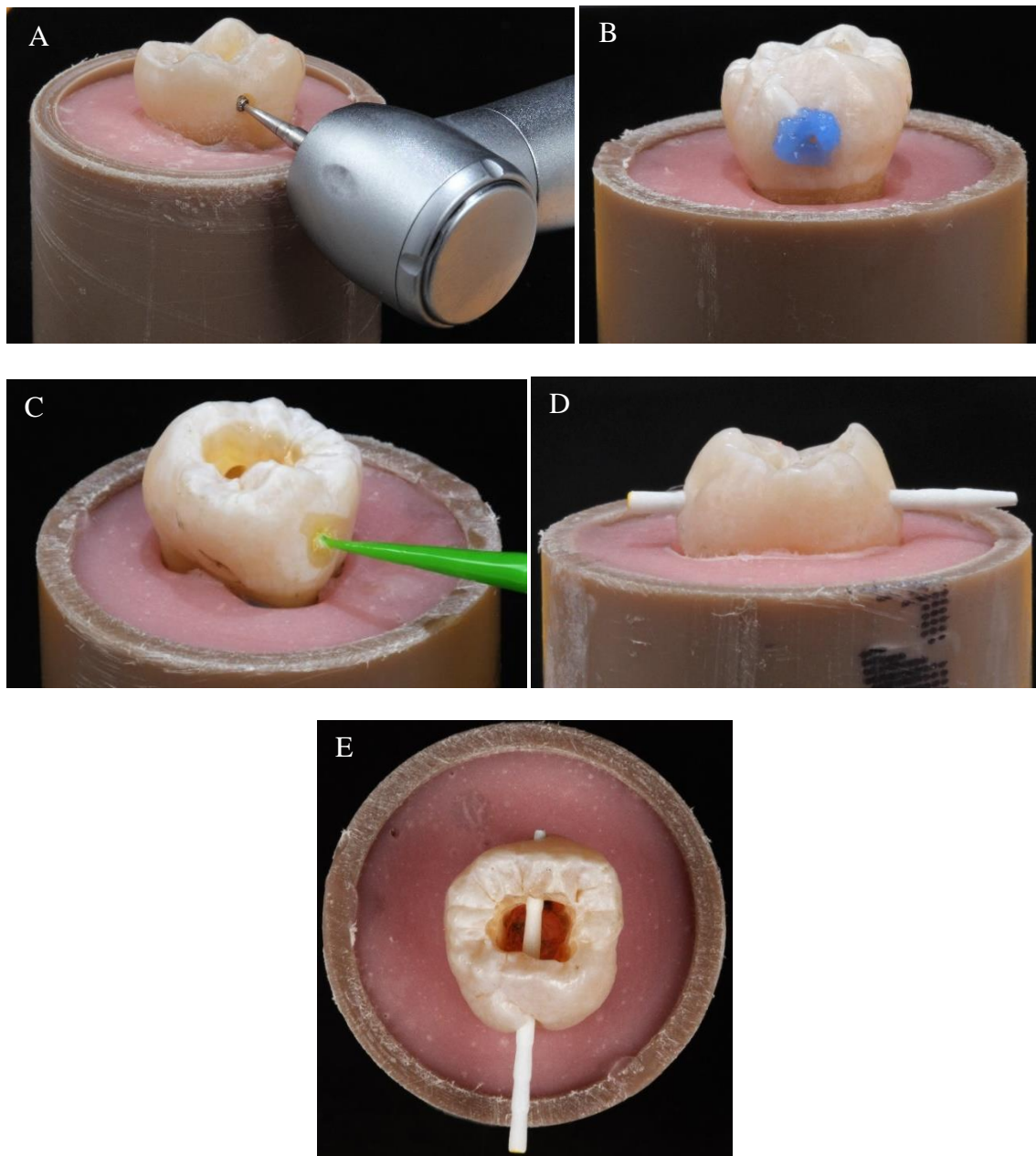


Fig 3: Confeção do grupo PT. A - preparo do orifício de entrada do pino com ponta diamantada #1012. B - condicionamento com ácido fosfórico 37% seletivo no esmalte. C - aplicação do adesivo universal. D - vista lateral. E - vista oclusal do pino transfixado previamente ao corte das extremidades.

#### **2.3.4. Grupo PTR**

Os dentes foram transfixados horizontalmente com pinos de fibra de vidro conforme descrito no item 2.3.3. e restaurados com Resina composta Z250 XT, de acordo com a figura 4 A-F. Foi aplicada uma camada de resina composta não fotoativada no assoalho pulpar e resina Filtek Z350 XT Flow no orifício de entrada dos pinos, seguindo a técnica adesiva descrita anteriormente (fig 4 A-C). Após, o pino de fibra de vidro foi inserido e a fotoativação do conjunto foi realizada (fig 4D). Em seguida, a resina composta Z250 XT foi inserida no preparo cavitário em incrementos, evitando a união das paredes vestibular e lingual/ palatina, fotoativados durante 40s (fig 4E). O pino de fibra de vidro foi englobado totalmente no interior da restauração de resina e teve as extremidades vestibular e lingual cortadas conforme já descrito (fig 4F).

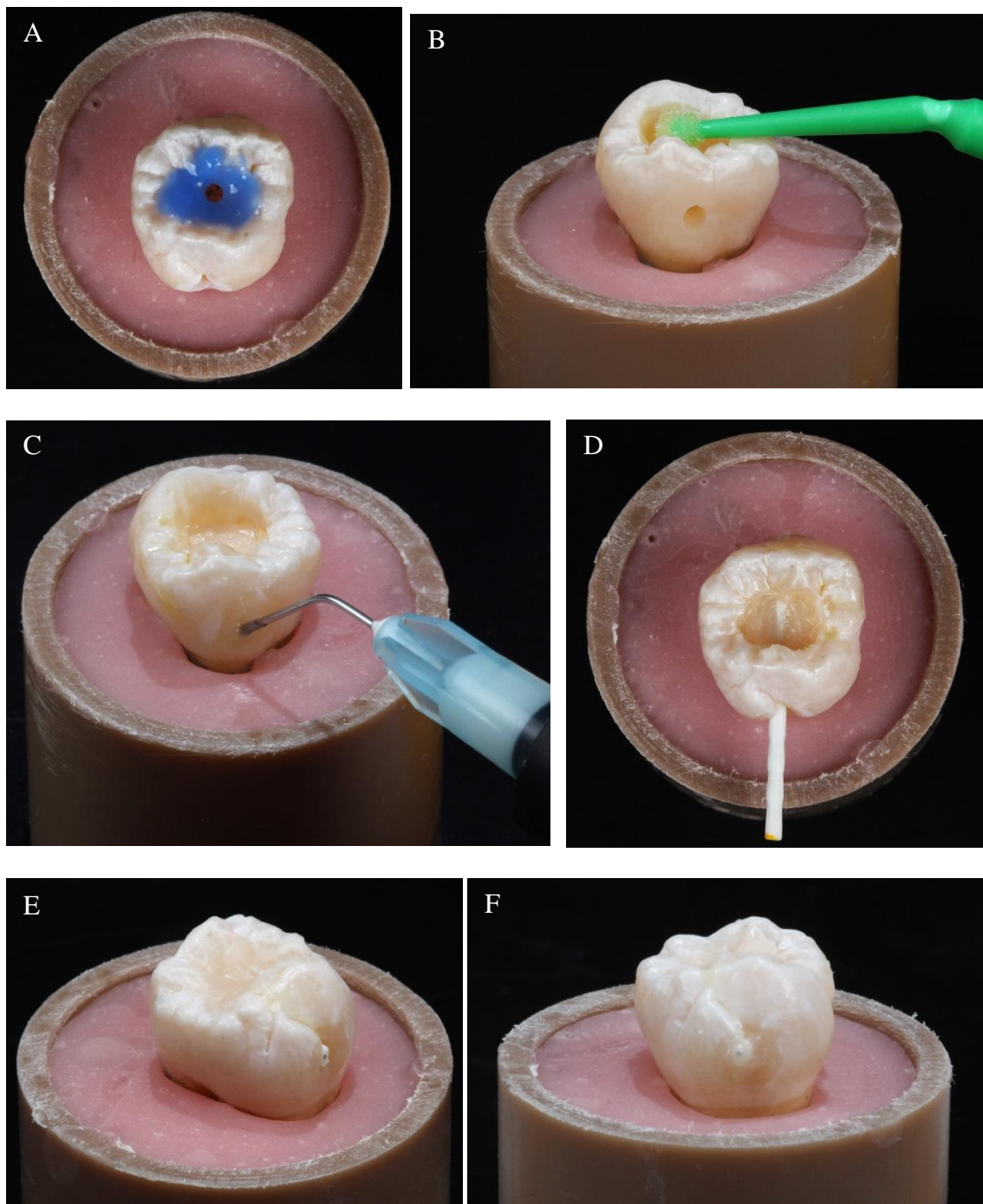


Fig 4: Confeção do grupo PTR. A - condicionamento com ácido fosfórico 37% seletivo no esmalte. B - aplicação do adesivo universal. C - aplicação de resina flow no orifício de entrada do pino e incremento de resina composta na parede pulpar previamente à fotoativação. D - vista oclusal do pino com o incremento inicial de resina após fotoativação do conjunto. E - vista lateral após a resina ter sido inserida pela técnica incremental e previamente ao recobrimento final do pino. F - vista palatina do corpo-de-prova evidenciando a restauração final com o pino totalmente englobado, com suas extremidades revestidas por resina composta.



### 2.3.5. Grupo RC

Os dentes foram restaurados com Resina composta Z250 XT. O ângulo cavo-superficial dos preparos cavitários recebeu condicionamento seletivo do esmalte, seguindo as demais etapas da técnica adesiva incremental descrita no item 2.3.3 e 2.3.4, através de incrementos de 2 mm de espessura cuidando-se para não unir as paredes opostas.

### 2.3.6. Grupo BF

Os dentes foram restaurados com Resina Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE, St Paul, MN, EUA). Após a realização da técnica adesiva descrita, a resina composta Filtek™ One Bulk Fill foi aplicada em incremento único e fotoativada por 40s, conforme fig 5 A-C.

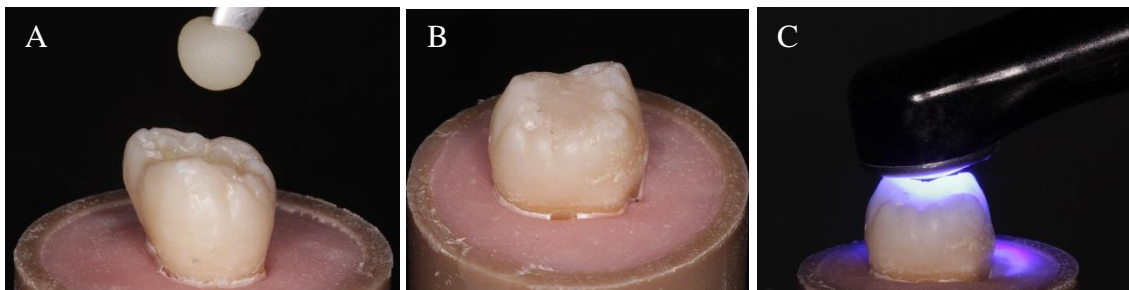


Fig 5: Confeção do grupo BF. A - incremento único de resina em torno de 4mm de espessura sendo inserido na cavidade oclusal. B - restauração previamente à fotoativação. C - fotopolimerização da resina BF em um único incremento.

### **2.3.7. Grupo BFP**

Os dentes foram transfixados horizontalmente conforme descrito no item 2.3.3. e restaurados com Resina Filtek™ One Bulk Fill conforme item 2.3.6.

### **2.3.8. Grupo TTL (*Table Top em Lava*)**

#### **2.3.8.1. TTL: Preparo**

Foi realizada a cópia biogénica da face oclusal antes da realização dos preparos. Os dentes foram restaurados com laminados oclusais com 1 mm ( $\pm 0,2$ ) de espessura, medidas correspondentes tanto ao sulco central quanto à ponta de cúspide (23), conforme a figura 6.

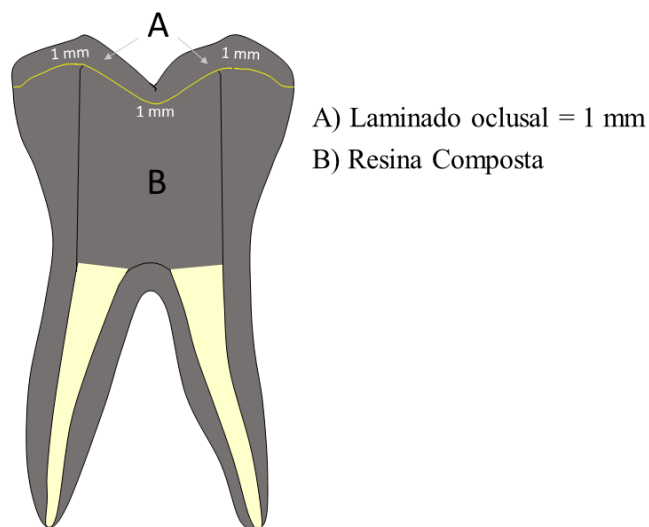


Fig 6: Configuração do preparo coronário do grupo TTL

Os dentes foram restaurados com resina composta Z250 XT com a técnica incremental (3M ESPE, St Paul, MN, EUA) conforme item 2.3.5. a partir da entrada dos canais até o íntimo contato com os laminados oclusais.

Após a confecção das restaurações, foram realizados os preparos para os laminados oclusais, conforme a figura 7 A-D, de acordo com metodologias previamente relatadas na literatura seguindo a inclinação das vertentes e cúspides dos dentes. (29, 30) Para os preparos, foi realizada redução oclusal dos dentes de forma a padronizar a altura coronária em 7 a 8mm, medida correspondente à distância da junção amelo-cementária à porção mais oclusal. Isso simulou uma condição clínica de desgaste oclusal com necessidade de tratamento restaurador.

Foram utilizadas pontas diamantadas #2135 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) e número #4138 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) para desgaste oclusal, em alta

rotação, com irrigação constante e substituídas a cada 5 preparos. As margens cavitárias foram em esmalte. (31)

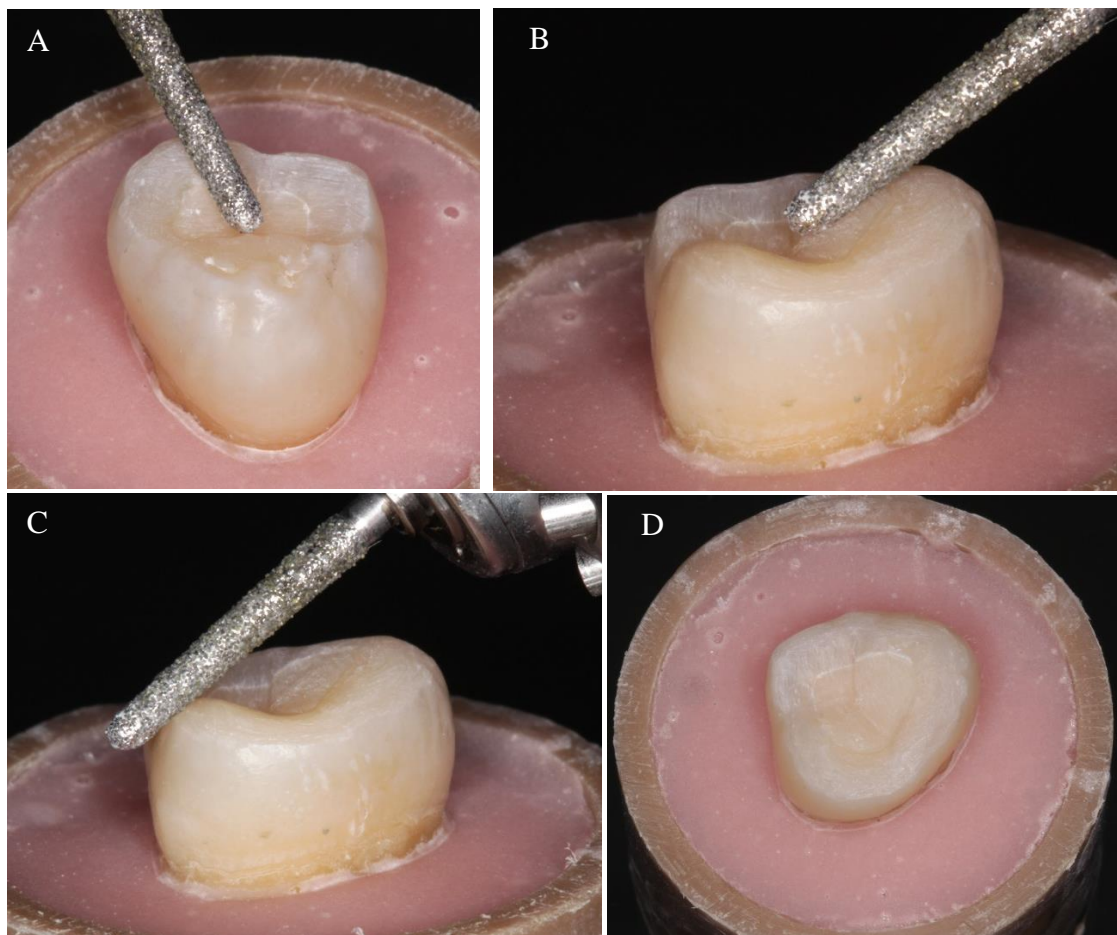


Fig 7: preparo do grupo TTL. A-C - desgaste oclusal com pontas diamantadas tronco-cônicas seguindo a inclinação das cúspides e vertentes do dente. D - vista oclusal do preparo concluído.

### 2.3.8.2. TTL: Confeção dos Blocos em CEREC AC

As restaurações foram confeccionadas com resina nanocerâmica Lava™ Ultimate com auxílio da unidade CAD-CAM CEREC (Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramic) AC (Acquisition Center) (Sirona Dental, Bensheim, Alemanha), conforme a figura 8. Foi utilizado scanner óptico intraoral diretamente sobre os dentes preparados através de camada de pó reflectivo Vita Cerec Power (Vita, Bad Säckingen, Alemanha), câmera Blue Cam e software InLab 4.01 (Sirona Dental, Bensheim, Alemanha) para a construção coronária. Foram utilizadas as brocas 12S Cylinder Pointed Bur e Step Bur (Sirona Dental, Bensheim, Alemanha). As restaurações realizadas com o material Lava™ Ultimate receberam acabamento e polimento com pontas siliconadas.

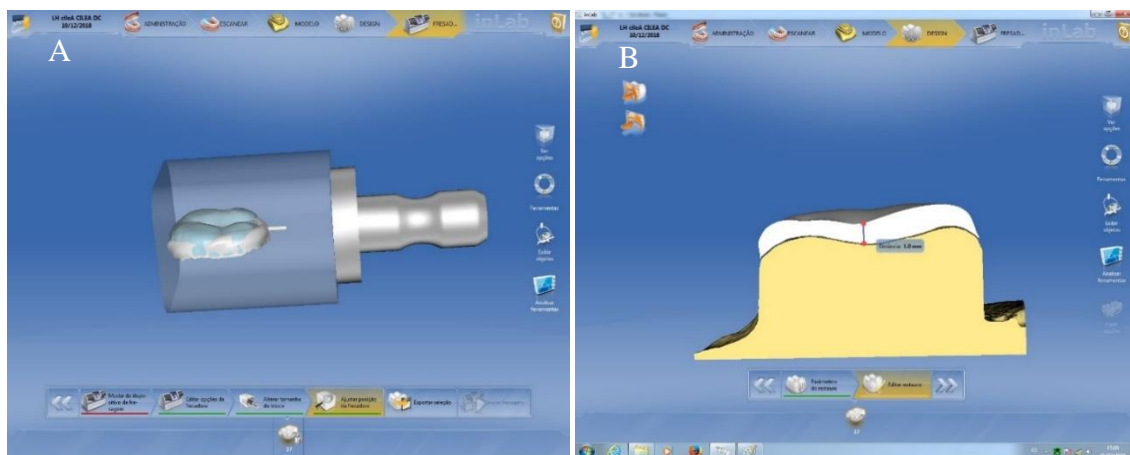


Fig 8: Confeção do laminado oclusal no CEREC. A - *table top* posicionada no bloco previamente à fresagem. B - vista axial da peça posicionada sobre o preparo dentário, evidenciando a espessura média de 1 mm.

### 2.3.8.3. TTL: Cimentação adesiva

Os materiais utilizados na cimentação das restaurações estão descritos na tabela 3 e o protocolo de adesão das peças à estrutura dentária seguiu o padrão descrito na tabela 4, conforme instruções do fabricante (figura 9 A-E). Todas as restaurações foram submetidas durante o processo de cimentação na superfície dentária à uma carga de cimentação de 1kg em dispositivo específico durante 1 min. A fotoativação dos materiais utilizados ocorreu com o fotopolimerizador Valo (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) com intensidade de luz equivalente a 1400 mW/cm<sup>2</sup>. Após, as amostras foram imersas em água destilada e colocadas em estufa à temperatura de 37°C por 7 dias antes de serem submetidas aos testes.

TABELA 3. Materiais utilizados na cimentação do grupo TTL

<b>Produto</b>	<b>Condicionador Dental Gel</b>	<b>SingleBond Universal</b>	<b>RelyX Ultimate</b>
<b>Característica</b>	Gel de ácido fosfórico a 37% (AFO)	Sistema adesivo autocondicionante	Cimento resinoso dual
<b>Composição</b>	Ácido fosfórico, sílica coloidal, surfactante e corante.	Monômero Fosfato MDP Resina de dimetacrilato HEMA, Copolímero Vitrebond Etanol Água Silano	Base: monômeros de metacrilato, cargas silanadas radiopacas, aditivos reológicos. Catalizador: monômeros de metacrilato, cargas alcalinas radiopacas, pigmentos, aditivos reológicos, corante de fluorescência, ativador Dual para Single Bond Universal
<b>Fabricante</b>	Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil	3M ESPE (St Paul, MN, EUA)	3M ESPE (St Paul, MN, EUA)
<b>Lote</b>	296291J 333693J	1809600708	1812700472

TABELA 4. Protocolo de cimentação adesiva TTL

Condicionamento da peça	Cimentação adesiva	
	Dente	<i>Table top</i>
Jateamento Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1</sup> <50µm, lavagem álcool, secagem	AFO <sup>2</sup> seletivo em esmalte (20s, lavagem spray ar-água 40s, secagem jato de ar) + SBU <sup>3</sup> 20s ativamente (leve jato de ar 5s)	SBU <sup>3</sup> + RXU <sup>4</sup> fotoativação (40s cada face)

<sup>1</sup>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= Óxido de Alumínio

<sup>2</sup>AFO= Ácido Fosfórico a 37%

<sup>3</sup>SBU= Single Bond Universal

<sup>4</sup>RXU= RelyX Ultimate

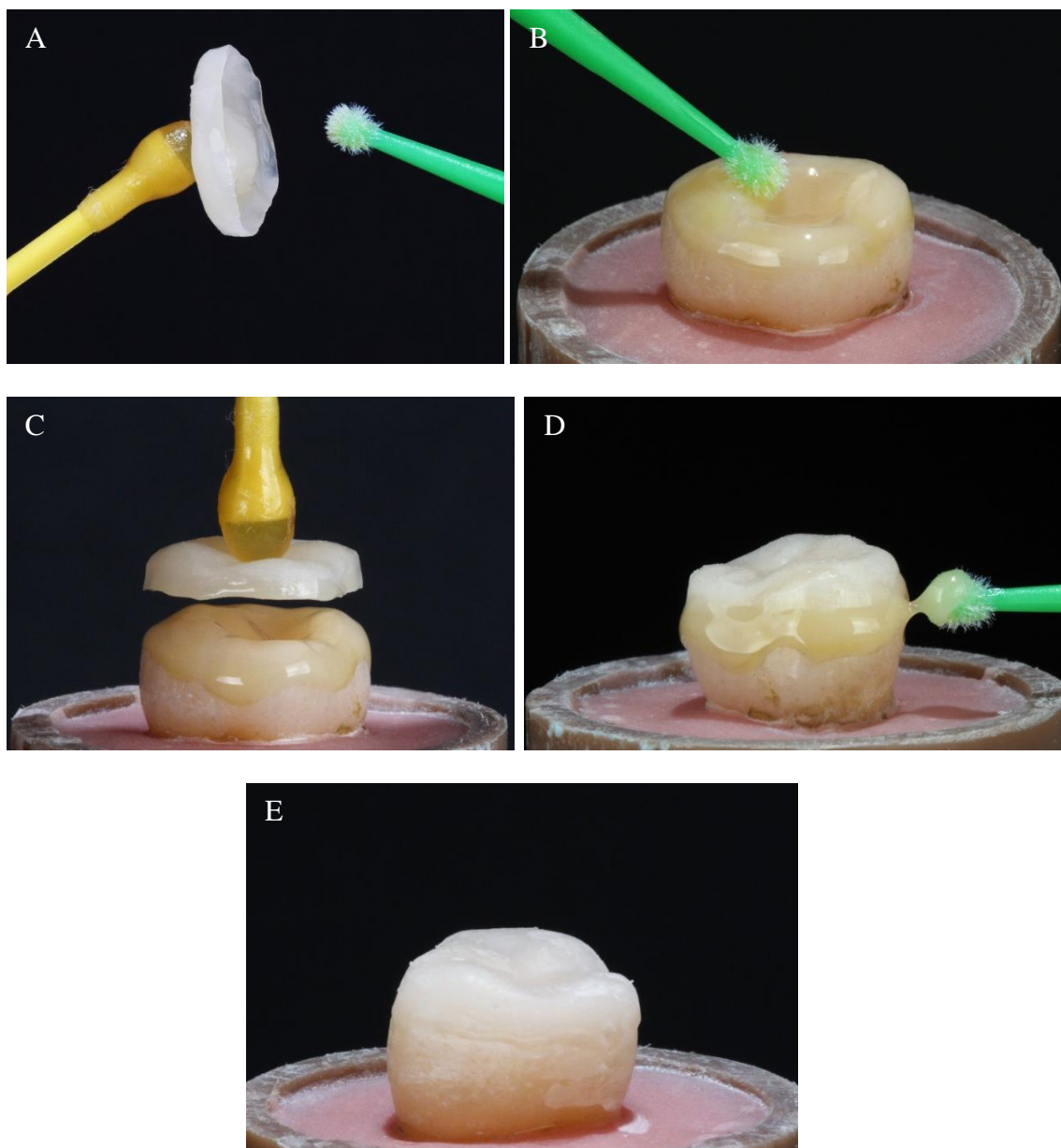


Fig 9: Cimentação adesiva do grupo TTL. A - preparo da peça com adesivo universal; B - aplicação do adesivo universal no dente (após ter sido condicionado). C - laminado sendo aplicado para a cimentação. D - remoção dos excessos do cimento resinoso dual. E - aspecto final do laminado oclusal após cimentação.



## **2.4. Ciclagem mecânica**

Os corpos de prova foram submetidos à ciclagem mecânica, no equipamento Erios ER-11000 (São Paulo, SP, Brasil), ficando imersos em água destilada a 37°C. Foi aplicada uma carga vertical de 200 N na superfície oclusal das coroas, na frequência de 1 ciclo/segundo, totalizando 500.000 ciclos (32), para simular 2 anos de mastigação. (33)

Ao final do teste de fadiga, foram examinadas visualmente através de uma lupa com 3,5 vezes de aumento, se houve formação de trincas, lascas e fraturas. Foram considerados em três grupos: sucesso (não tiveram alterações), falha (apresentaram fraturas ou trincas) e de sobrevivência (tiveram algum tipo de falha, porém sem interferir na estética e nem no uso da peça). (34, 35)

## **2.5. Teste de carregamento de fratura**

As amostras foram submetidas a testes em uma máquina universal EMIC DL-2000 (São José dos Pinhais, PR, Brasil), à qual foi acoplado um cilindro de aço de 7.5 mm de diâmetro e 16 mm de comprimento de acordo com Beltrão *et al.* (21). A força foi transmitida verticalmente ao longo eixo do dente no sulco central sob velocidade constante de 1mm/min até ocorrer a fratura mensurada em Newtons (fig 10).

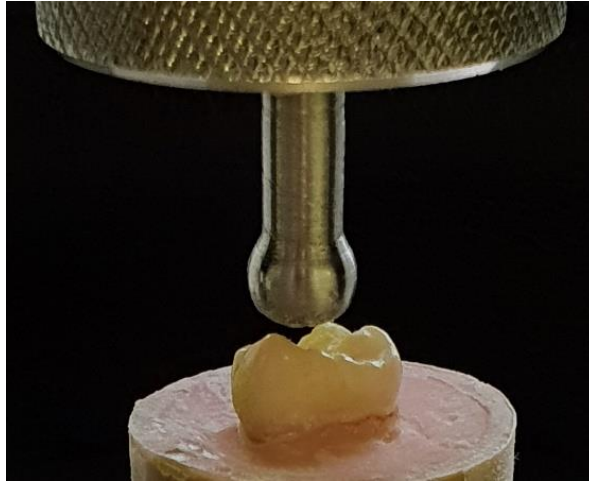


Fig 10: Teste de carregamento de fratura com força aplicada ao longo eixo do dente

## 2.6. Falhas

As falhas foram classificadas de acordo com o envolvimento do assoalho pulpar, sendo assim descritas: 1) Irreparáveis: rompimento do assoalho pulpar havendo a divisão do dente em duas partes (mésio-distal ou vestibulo-lingual) de modo que a recuperação seria inviável, sendo indicada a extração dentária em uma situação clínica; 2) Reparáveis: não havendo comprometimento do assoalho da câmara pulpar.

## 2.7. Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado software Statistix for Windows versão 8.0. Primeiramente foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Na sequência foram utilizados ANOVA one-way e Tukey com nível de confiança de 95%.

Para a localização da fratura foi realizado análise por percentual da distribuição por frequência.

### 3. RESULTADOS

Houve sobrevivência de 100% de sucesso após ciclagem mecânica. O teste de ANOVA dos grupos estudados permitiu observar que houve diferença estatística entre as médias (valor  $p = 0,0001$ ), conforme tabela 5.

TABELA 5. Médias de carregamento máximo de fratura

<b>Grupo</b>	<b>Força média (N)</b>	<b>Diferença estatística</b>	<b>Coefficiente de variação</b>
<b>H</b>	4101.4±476.42	A	11.62
<b>BFP</b>	2443±317.48	B	13
<b>TTL</b>	2288.3±461.16	B	20.15
<b>PTR</b>	2188.2±262.56	B	12
<b>BF</b>	1672.2±252.02	C	15.07
<b>RC</b>	1352.6±257.09	CD	18
<b>PT</b>	1193.3±346.87	CD	29.07
<b>AO</b>	941.8±342.35	D	36.35

\* médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística para Tukey ( $p > 0,05$ )

A maior média de resistência ao carregamento foi observada no grupo H (4101.4 N), do qual todos os demais grupos apresentaram diferença estatística significativa. Para os grupos experimentais, o BFP foi o que apresentou os maiores valores (2443 N), no entanto, sem diferir dos grupos TTL (2288.3 N) e PTR (2188.2 N) (B). Os menores valores de carregamento de fratura foram encontrados nos grupos, sem diferirem entre si, RC (1352.6 N), PT (1193.3 N) e AO (941.8 N) (D), sendo este último o menos resistente ao teste. Também, os grupos BF (1672.2 N), RC e PT não diferiram entre si (C).

O tipo de fratura foi classificado como reparável ou irreparável e os resultados do percentual por grupo estão descritos na tabela 6. O prognóstico foi classificado como recuperável, quando houve a possibilidade de reparo do dente após a fratura, e irrecuperável, na presença de fratura do assoalho da câmara pulpar e a consequente impossibilidade de restaurar o dente.

TABELA 6. Percentual de falhas quanto ao prognóstico

<b>Grupo</b>	<b>Falhas Irreparáveis</b>	<b>Falhas Reparáveis</b>
<b>H</b>	10%	90%
<b>BFP</b>	40%	60%
<b>TTL</b>	70%	30%
<b>PTR</b>	20%	80%
<b>BF</b>	20%	80%
<b>RC</b>	40%	60%
<b>PT</b>	0	100%
<b>AO</b>	0	100%

Em relação ao prognóstico das falhas, houve predomínio de fraturas reparáveis em todos os grupos, exceto no TTL. Para as fraturas irreparáveis, o grupo TTL apresentou a maior proporção (70%), ilustradas na figura 11. As fraturas reparáveis dos demais grupos estão demonstradas na figura 12 A-C. Apresentaram a maior proporção de falhas reparáveis os grupos PT e AO (100%), seguido de H (90%), BF e PTR (80%), e após RC e BFP (60%).

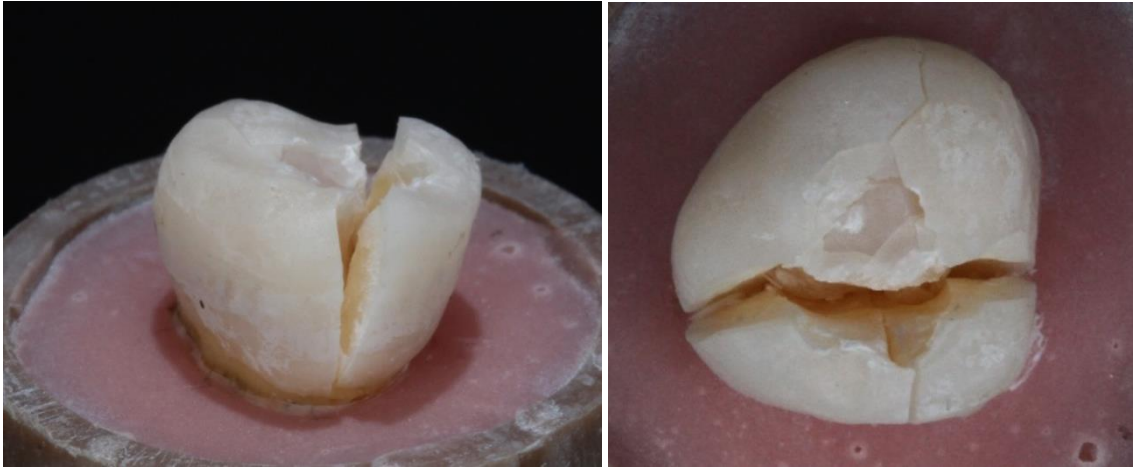


Fig 11: Fraturas do grupo TTL predominantemente irreparáveis

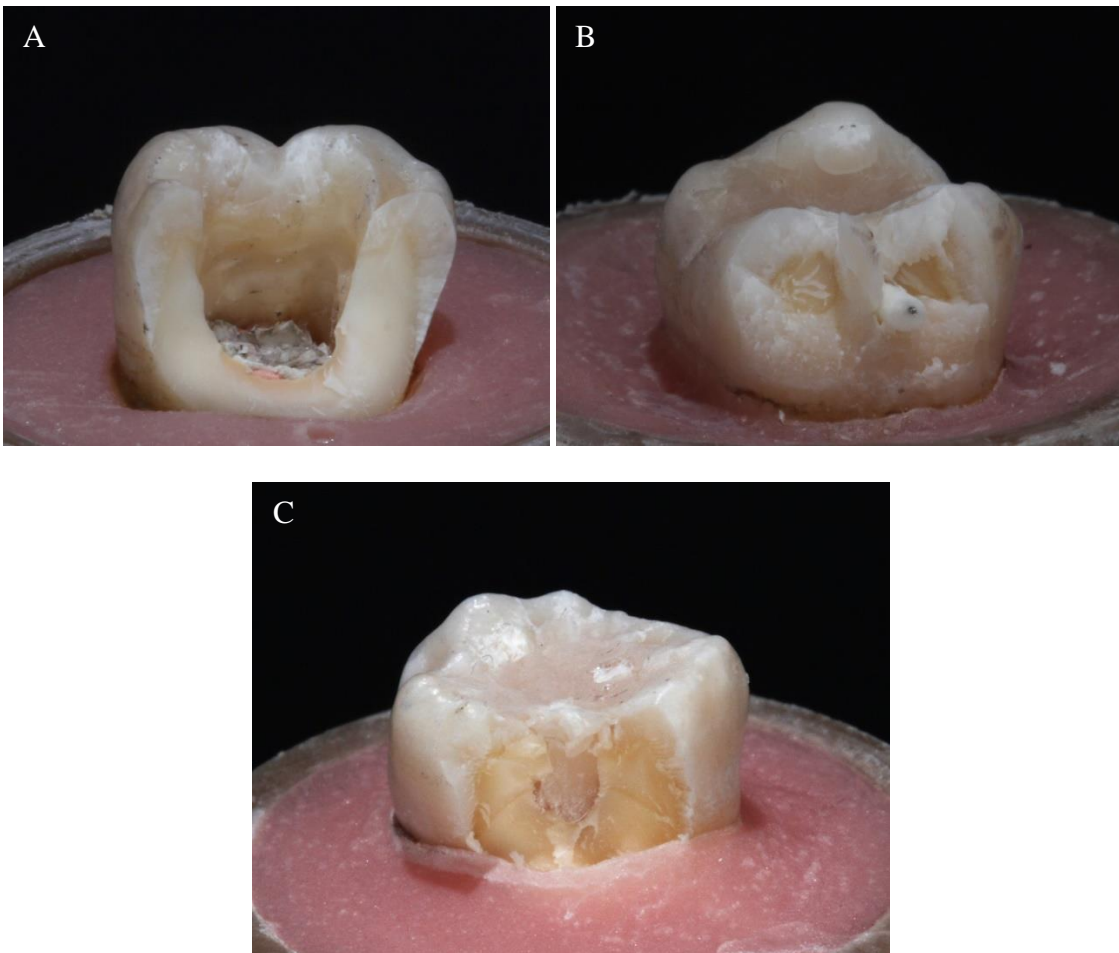


Fig 12 A-C: Fraturas reparáveis correspondendo ao padrão predominante nos grupos AO, PTR e RC, respectivamente

## 4. DISCUSSÃO

No presente estudo houve rejeição da primeira hipótese, pois os materiais testados apresentaram diferença estatística significativa na carga máxima de fratura em restaurações oclusais de molares endodonticamente tratados.

A resistência à fratura de um dente restaurado é influenciada por diversos fatores, entre eles, a conformação cavitária, composição do material restaurador e técnica utilizada. (36)

Em relação à configuração da cavidade, há uma evidente redução das propriedades mecânicas de dentes com endodontia em comparação a dentes vitais, atribuído principalmente à perda substancial de sua estrutura remanescente sadia. (3) Assim, é necessário considerar as diferenças no comportamento biomecânico de dentes vitais e não vitais previamente à intervenção clínica. Além disso, a abordagem em cavidades de classe I oclusais tem alta prevalência na clínica diária (36), sendo testado no presente estudo a resistência à fratura após fadiga mecânica nesse tipo de configuração cavitária em dentes com endodontia.

Quanto à composição do material restaurador, a literatura refere relação direta entre o sucesso restaurador e suas propriedades intrínsecas e mecânicas, as quais estão descritas na tabela 2 para os materiais utilizados no presente estudo.

Todos os grupos testados apresentaram médias de carregamento máximo de fratura acima da encontrada na oclusão habitual, a qual varia entre 600 e 900 N. (37) Dessa forma, considerando as limitações de estudos *in vitro* em reproduzir fielmente o ambiente intraoral e os complexos fisiológicos envolvidos, poderiam ser enunciados que todos os materiais testados, sob o ponto de vista dessa variável, atingiram valores de

resistência necessários para enfrentar as condições encontradas em um ambiente oral habitual, corroborando com a literatura. (25)

O grupo H evidenciou maiores médias de carregamento de fratura (4101 N), diferindo de todos os demais, possivelmente por não ter recebido intervenção e com isso, tendo preservado suas propriedades íntegras, similar ao encontrado em outros estudos. (38-40) Possivelmente pelo fato de que, quando submetido às forças compressivas, o esmalte e dentina de um dente hígido tendem a dissipar as tensões, tornando-o menos susceptível a fraturas. Assim, a preservação da estrutura dental aumenta a resistência à fratura do dente sob forças oclusais. (21) Quando há o acesso cavitário previamente à terapia endodôntica, além da ocorrer redução da rigidez do dente (41), a perda de volume dentinário pode aumentar consideravelmente o nível de tensões sob a câmara pulpar, predispondo a cavidade a um maior risco de fratura, possivelmente justificando os menores valores obtidos para o grupo AO. (941 N)

Mais de 500 milhões de restaurações dentárias diretas são realizadas anualmente em todo o mundo, o que representa uma das intervenções médicas mais prevalentes no corpo humano. (42) A maioria dos grupos testados foi constituído por materiais de aplicação direta, como as resinas compostas convencionais. No entanto, elas estão associadas à elevadas taxas anuais de falhas (AFR). (43) Com base nessas taxas de falha, Tsujimoto *et al* estimou que pelo menos 32 milhões de restaurações de resina compostas aplicadas em dentes posteriores no ano de 2015 precisarão ser reparadas ou substituídas até 2025. As causas mais comuns que levam à substituição de resinas em dentes endodonticamente tratados seriam, clinicamente, a microinfiltração, descoloração marginal, cárie recorrente, desgaste e fratura a longo prazo. (42) Assim, as resinas convencionais necessitam de operador capacitado com domínio e conhecimento por serem extremamente técnico-sensíveis e dependerem do tamanho e forma de inserção de



cada incremento, sendo preconizada a técnica incremental de 2 mm para seu uso e sucesso. (44)

Devido à necessidade de melhorar as propriedades mecânicas de compósitos e como forma de suprir a sensibilidade operacional, foram desenvolvidas também para uso com a técnica direta há alguns anos, mas recentemente aprimoradas, as denominadas resinas compostas Bulk Fill. Com elas, houve redução da quantidade de carga inorgânica, além da inclusão de monômeros de tamanho nanométrico que atuam na redução da contração de polimerização por favorecerem a passagem de luz, permitindo atingir uma maior profundidade de polimerização. (45) Assim, dos tradicionais incrementos de 2 mm podem ser utilizados 4 mm ou mais de profundidade sob condições ideais de fotopolimerização. (46) Com menos tensões geradas durante a polimerização, ocorre uma redução na deflexão de cúspides e menor formação de trincas, as quais poderiam propagar e predispor a fraturas. (47) Dessa forma, como maiores benefícios das resinas Bulk Fill, estariam a diminuição do tempo clínico, melhora da adaptação marginal, das propriedades de vedamento, resistência à fratura e ao desgaste. (17) Como dentes endodonticamente tratados possuem cavidades profundas decorrentes da abertura coronária, no presente estudo foi utilizado o fotopolimerizador Valo (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) por possuir especificações dentro dos padrões idealmente desejáveis para fotoativar resinas Bulk Fill com o consequente uso de incrementos maiores.

Os resultados obtidos no teste de carregamento para os grupos BF e RC foram similares estatisticamente (1672 e 1352 N, respectivamente), semelhantes a outros estudos (38, 48, 49) e contrariando alguns que relatam superioridade das propriedades mecânicas com consequente maior resistência para dentes restaurados com Bulk Fill. (16) A semelhança encontrada entre esses dois grupos pode ser devido a ambos os materiais possuírem similar composição química, apesar da Z250 XT ser considerada pelo

fabricante uma resina microhíbrida com nanopartículas, enquanto a Bulk Fill, nanoparticulada (conforme tabela 2).

Estudos clínicos randomizados comprovam a similaridade estatística entre BF e RC após 3, 5 e 6 anos de acompanhamento de restaurações classe I e II. (50-52) Também, o estudo clínico randomizado de Heck *et al* (53), após 10 anos de follow-up, encontrou resultados homólogos comparando ambos os materiais. Van Dijken (52) reportou AFR de 1.4% para as restaurações classe II e 0% para as cavidades classe I utilizando ambos os materiais. Outro estudo demonstra as vantagens das resinas Bulk Fill, no entanto, em comparação às resinas convencionais nanohíbridas, houve um comprometimento de suas propriedades mecânicas, principalmente estabilidade superficial, resistência flexural e dureza, quando exposta ao longo do tempo no meio oral sob forças oclusais mastigatórias, sugerindo cautela em relação ao seu uso clínico a longo prazo. (54)

No presente estudo, esses dois grupos restaurados com compósitos (BF e RC) não apresentaram diferença estatística com o grupo PT. No entanto, em uma situação clínica e optando-se pela utilização da transfixação com um pino, o preenchimento cavitário com algum material seria imprescindível para restabelecimento da função e estética, fato que aumentaria significativamente a resistência à fratura de um dente, conforme resultados encontrados nessa pesquisa. Embora a maioria dos estudos com pinos seja com sua aplicação no interior do canal radicular, com dados contraditórios a respeito da resistência à fratura (3), o uso de pinos transfixados horizontalmente tem sido descritos por alguns autores como uma alternativa para aumentar a resistência ao carregamento de um dente com grandes perdas estruturais. (21) Quando aplicada essa técnica associado à composição por fibra de vidro, os pinos tem como vantagens clínicas a estética e simplicidade da aplicação transpassando as paredes vestibulares e linguais/ palatinas,

permitindo que o clínico execute o procedimento na mesma consulta, consistindo assim em um método minimamente invasivos de reforço da estrutura dentária. (39)

Os grupos experimentais envolvendo restaurações com a transfixação do pino, independentemente do tipo de resina empregado, juntamente com o grupo TTL, obtiveram maiores valores de resistência sem diferença estatística entre si (PTR 2188 N; BFP 2443 N; TTL 2288 N). Outros autores também referem aumento da resistência à fratura *in vitro* com o reforço com pinos horizontais em restaurações com resina convencional e Bulk Fill para dentes endodonticamente tratados. (19, 39, 40, 55) Da mesma forma, Beltrão *et al* (21) observou que os pinos transfixados em dentes com endodontia elevaram significativamente a resistência à fratura em 3 vezes mais do que a encontrada na mastigação habitual.

Os resultados similares obtidos nos grupos com transfixação horizontal pelo pino (PTR e BFP) poderiam estar relacionados ao potencial de reforço da estrutura dental por prevenirem a deflexão de cúspide. Possivelmente, as propriedades mecânicas de resistência flexural dos pinos, superior às resinas (800 e 155 Mpa, respectivamente), associado ao preenchimento da cavidade oclusal com restauração de compósito, contribuiu para a elevada média obtida nesses grupos. Esse achado vai ao encontro do estudo de Bromberg *et al* (20), no qual foram utilizados dois pinos transfixados, elevando a média de resistência à fratura (2693 N) comparado aos demais grupos. Da mesma forma, Henkes (56) encontrou maiores valores de resistência à fratura com a utilização de pinos de fibra de vidro cimentados na posição horizontal (1891 a 2525 N). Adicionalmente, Beltrão *et al* e Fávero *et al* (19, 21) mostraram que a restauração de resina com pino de fibra de vidro transfixado horizontalmente pode aumentar a resistência à fratura de dentes endodonticamente tratados em até 80%, provavelmente devido à capacidade de ancorar as cúspides, diminuindo sua deflexão. Assim, as fibras modificariam o stress junto à

interface restauração-dentina e a capacidade adesiva de tais fibras, em combinação com a resina, provavelmente aumentou a resistência à fratura do dente por manter as cúspides opostas unidas. (55)

Os grupos que apresentaram os menores valores, sem diferirem estatisticamente entre si, foram o AO, PT e RC (941 N; 1193 N e 1352 N, respectivamente). O comportamento de resinas compostas em dentes endodonticamente tratados parece não ser tão favorável quanto ao encontrado em dentes vitais em relação à resistência à fratura, evidenciando a necessidade de preservar ao máximo a estrutura dental. (3) Tais resultados de menores valores podem ter sido atribuídos ao fato de que a remoção da estrutura dentária, associada à ausência de união adesiva à restauração, enfraquece um dente à carga de fratura. Assim, a finalidade de uma restauração não seria apenas o preenchimento cavitário, mas também, o reforço do dente para um selamento eficaz entre a cavidade e o meio oral. (40) Desse modo, apesar de que em conjunto com as resinas diretas convencionais ou incrementais o pino tenha elevado a resistência à fratura, o presente estudo evidenciou que, quando utilizado isoladamente na transfixação horizontal, reduziu seu valor.

O desgaste da estrutura dentária representa uma condição frequente na população e tem origem multifatorial (1, 57) como mudanças comportamentais do indivíduo, condições sistêmicas e medicamentosas, erosão ácida, além de hábitos parafuncionais. (3, 57) Em consequência, podem ocorrer alterações biológicas, funcionais e estéticas, como a sensibilidade dentária e a perda da dimensão vertical de oclusão pelo desgaste oclusal. Da mesma forma, a estrutura oclusal do dente pode estar fisiologicamente reduzida em decorrência do envelhecimento ou da ausência de contato interoclusal pela má posição dentária. (58) Nesse contexto, tem sido utilizados laminados oclusais através da técnica

indireta como alternativas às onlays e coroas totais em reabilitações com envolvimento da dimensão vertical de oclusão (22, 59), popularmente chamados de *table top*.

Os valores elevados de resistência à fratura obtidos no grupo TTL (2288 N) corroboram com estudo recentes de Andrade *et al* (60) em dentes vitais (acima de 3000 N) e Egbert *et al* (25) (2415 N) com o mesmo material utilizado, o Lava™ Ultimate. Este, é descrito como um composto de RNC (resina nanocerâmica), cujos valores resistência à flexão (200 Mpa) são maiores do que os encontrados em compósitos de resina testados no presente estudo (tabela 2). Além disso, possui elevada resistência à compressão inerente ao material, possivelmente influenciando nos resultados da pesquisa. Apesar de ser considerada pelo fabricante uma RNC, sob a perspectiva da ciência dos materiais, ainda pertence à categoria das resinas compostas. Além da influência das propriedades mecânicas, a resistência à fratura de compósitos resinosos está relacionada principalmente às suas propriedades intrínsecas, como tamanho, tipo e distribuição de cargas inorgânicas. (37) Os avanços em nanotecnologia, com a incorporação de agente de união e tratamento térmico da matriz resinosa, podem ter contribuído para aumentar seus valores de resistência. Conforme fabricante, os blocos de Lava™ Ultimate contêm nanopartículas de sílica e zircônia correspondendo a 80% do seu volume, formando nanoclusters que dão integridade estrutural e permitem a incorporação de uma alta proporção de filamentos cerâmicos. Além disso, os espaços intersticiais entre as partículas são preenchidos com mais nanômeros, levando a um maior conteúdo de cerâmica em relação às resinas convencionais testadas. Outra vantagem do Lava™ Ultimate é que, por consistir de blocos industrialmente padronizados, não sofrem a influência do operador, oposto do que ocorre com as resinas em geral.

A fadiga é o dano estrutural progressivo e localizado que ocorre quando um material é submetido à cargas cíclicas presentes na mastigação habitual com o decorrer

dos anos. (61) Tem sido relatada sua influência direta na longevidade de um dente, pois a propagação de trincas decorrentes dos movimentos mandibulares, fisiológicos ou não, pode predispor à fraturas (59, 61), comprometendo o complexo restaurador. No presente estudo, foi simulada a mastigação em ambiente oral através da ciclagem mecânica de 1 ciclo por segundo, com força de 200 N ao longo eixo do dente em ambiente úmido com água destilada, totalizando 500 mil ciclos ou 2 anos de mastigação (33) Após ciclagem, constatou-se 100% de sobrevivência dos corpos de prova e ausência de quaisquer falhas.

A segunda hipótese foi parcialmente aceita, pois as restaurações confeccionadas com laminados oclusais induziram mais fraturas no assoalho pulpar, enquanto os demais grupos apresentaram maior proporção de fraturas reparáveis.

Quando há a transfixação de um pino de fibra no remanescente coronário, no momento da aplicação da força de compressão, as tensões geradas tendem a se dissipar ao longo eixo do dente, impedindo que se concentrem na região cervical, evitando a fratura irreparável. Portanto, o estresse é liberado de forma homogênea, preservando o assoalho pulpar e, com isso, favorecendo a ocorrência de fraturas de modo reparável. Assim, a conexão das paredes residuais através das fibras do pino teria um efeito protetivo na propagação de fraturas em direção ao assoalho pulpar. (19)

Isso pode ser atribuído ao módulo de elasticidade do pino (40 GPa), similar ao da dentina (18 GPa), proporcionando uma melhora da distribuição das forças oclusais ao longo eixo do dente devido à baixa rigidez que apresentam. Além disso, os benefícios da utilização de materiais com propriedades similares ao dente estão evidentes na literatura por favorecerem a biomecânica do complexo dente-restauração. (1) Adicionalmente, quando o pino foi envolvido por uma restauração de compósito direto cujo módulo de elasticidade informado pelo fabricante é menor (11 Gpa), também ocorreu absorção de

tensão compressiva, protegendo o sistema dente-restauração-pino contra fratura, aumentando assim o carregamento e mantendo a integridade da interface adesiva.

Houve 100% de fraturas reparáveis para os grupos AO e PT, possivelmente pela ausência de atuação de diferentes materiais no complexo, comprovando o benefício da transfixação de pinos mesmo com ausência de restauração, apesar das menores médias de resistência à fratura encontradas nesse grupo. Além disso, a morfologia de cavidades classe I pode ter contribuído com o predomínio do desempenho favorável às fraturas da presente pesquisa, diferindo de restaurações classe II com duas ou mais faces. (42) Adicionalmente, a absorção de esforços é favorecida clinicamente pela presença do ligamento periodontal, o qual previne deformações ósseas decorrentes de movimentos flexurais habituais do dente (28), tendo sido simulado no presente estudo.

Também em relação ao modo de falha, o grupo BFP e RC apresentaram a mesma proporção de fraturas reparáveis (60%), enquanto os grupos PTR e BF apresentaram uma porcentagem levemente acentuada de recuperação (80%). Isso corrobora com estudos clínicos nos quais a principal causa de falha foi 100% reparável de cúspide ou do material em restaurações classe I, resultando em taxa de sucesso de 93.9% ao comparar Bulk Fill e resina composta incremental, com ausência de falhas irreparáveis em restaurações classe I. (51, 52) Já outro estudo demonstrou que as resinas Bulk Fill, apesar de aumentarem a resistência à fratura em cavidades com perda estrutural moderada, não melhoraram o tipo de fratura, o qual foi mais desfavorável comparado a compósitos resinosos nanocerâmicos. (62) Também, há relatos de falhas favoráveis na transfixação horizontal de pino de fibra de vidro para dentes com endodontia (39), apesar de alguns autores relatarem predomínio de falhas irreparáveis na sua transfixação associada à restauração com resina convencional (40), contrariando os achados do presente estudo.

As falhas irreparáveis corresponderam a 70% das encontradas no grupo TTL. Apesar do módulo de elasticidade desse material (13 GPa) ser similar ao da dentina, suas elevadas propriedades mecânicas em relação aos demais materiais testados, bem como as propriedades intrínsecas, possivelmente contribuíram para tais resultados. A maior tenacidade à fratura ( $\pm 2,2$  Mpa) possivelmente fez com que apresentasse maior dificuldade de propagação de trincas, ocasionando uma concentração de tensões internamente. (63) Quando excedidas, as forças atuantes resultaram em fratura não somente do material, mas sim, do dente também. Além dessas propriedades, devido a sua viscoelasticidade, o Lava™ Ultimate tem a capacidade de acumular a força no ponto de aplicação em sua superfície e dissipá-la rapidamente ao longo da estrutura do dente quando o limite de proporcionalidade é excedido, propiciando fraturas catastróficas. No entanto, em estudos com outros compósitos resinosos em molares sem endodontia, Magne *et al* (59) observou predomínio de falhas reparáveis em laminados oclusais. Também, tem sido demonstrado bom desempenho quando utilizado o Lava™ Ultimate para esta técnica, mesmo em fragmentos de espessuras ultra-finas. (63)

A literatura classifica a espessura de laminados em reduzida (até 2mm), finas ( $\pm 1$ mm) e ultra-finas (até 0,6mm). (64) Os laminados oclusais do presente estudo foram confeccionados com espessura de 1,0 mm e com os preparos sendo guiados pela inclinação anatômica do dente, embora alguns estudos tenham referido preparo para laminados com redução oclusal em secção reta. (25) O fato de ter sido realizada redução oclusal do dente com conseqüente redução da crista marginal também pode ter influenciado no modo de falha do grupo TTL.

Também, vale ressaltar que os dentes restaurados com laminados oclusais receberam na sua base, preenchimento do acesso oclusal com resina composta, com altura compreendendo desde o assoalho da câmara pulpar até o ponto mais oclusal em contato



com a peça confeccionada e cimentada. Assim, houveram diferentes materiais com diferentes propriedades atuantes nesse complexo sistema restaurador (dente-resina-cimento-laminado). Dessa forma, não pode-se afirmar que laminados oclusais são contraindicados, pois em grande parte das situações clínicas, estes seriam aplicados sobre dentes vitais. Nesse contexto, os resultados obtidos devem ser interpretados com cautela, pois a literatura descreve relatos com laminados oclusais confeccionados com RNC apresentando resultados benéficos (65); no entanto, carece de estudos clínicos longitudinais.

O benefício da união adesiva está comprovado em materiais condicionáveis, contudo, pouco evidenciado em compósitos nano-cerâmicos devido ao alto grau de conversão e à menor formação de monômeros residuais que dificultam sua união química. (66) Isso tem gerado controvérsias em relação à indicação *in vivo* do Lava™ Ultimate para determinadas configurações cavitárias, tendo sido recentemente contraindicado pelo fabricante para preparos não-retentivos, como coroas totais. Alguns autores relataram cautela na aplicação de laminados oclusais no que concerne à técnica por requerer peças não-retentivas, necessitar de adequada cimentação adesiva para sua resistência e longevidade e por predispor a trincas. (67) No entanto, Schlichting *et al* (65) relatou que laminados oclusais em resina composta apresentaram bom comportamento após o envelhecimento e poderiam ser recomendados para dentes posteriores mesmo em pacientes com parafunção.

A confecção de laminados oclusais com o sistema CAD-CAM tem demonstrado ser uma abordagem eficiente em recentes estudos *in vitro* em molares. (24, 25, 59) Entre os sistemas CAD-CAM, o CEREC AC possibilita a utilização de blocos de diferentes tipos, entre eles, o utilizado no presente estudo. Quando confeccionada em CEREC, esta

tem demonstrado ser uma técnica conservadora, estética, com redução de custos e de etapas laboratoriais, podendo ser realizada em uma consulta apenas. (10)

Assim, sugere-se novos estudos com follow-up em restaurações não-retentivas do tipo laminados oclusais em molares com diferentes materiais para CAD-CAM e diferentes conformações cavitárias, pois o uso destes em longo prazo pode ser determinante para o sucesso do tratamento restaurador. Também, estudos são necessários para a elucidação do comportamento biomecânico das diferentes técnicas e materiais restauradores para cavidades classe I de molares endodonticamente tratados de forma a mimetizar as condições intraorais, como testes com termociclagem, fadiga dinâmica e estudos *in vivo*.

## 5. CONCLUSÃO

Com base no presente estudo sobre as intervenções restauradoras para molares endodonticamente tratados com comprometimento unicamente da face oclusal e considerando-se as limitações de pesquisas *in vitro*, pode-se concluir que:

Os grupos associando pinos de fibra horizontais e resinas composta convencional ou Bulk-Fill apresentaram maior resistência à fratura e similar ao grupo *table top*.

As médias de carregamento máximo de fratura de todos os grupos foram acima de 940 N, excedendo as encontradas na mastigação habitual.

Todos os grupos, exceto TTL, apresentaram prognóstico predominantemente favorável, possibilitando o reparo na ocorrência de fratura. Assim, o uso de laminados oclusais em RNC requer estudos para viabilizar ou não sua aplicação clínica em dentes não vitais.

## REFERÊNCIAS


1. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int.* 2007;38(9):733-43.
2. Dimitriu B, Vârlan C, Suci I, Vârlan V, Bodnar D. Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy. *J Med Life.* 2009;2(1):60-5.
3. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int.* 2008;39(2):117-29.
4. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod.* 2010;36(4):609-17.
5. Nagasiri R, Chitmongkolsuk S. Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: a retrospective cohort study. *J Prosthet Dent.* 2005;93(2):164-70.
6. Larson TD, Douglas WH, Geistfeld RE. Effect of prepared cavities on the strength of teeth. *Oper Dent.* 1981;6(1):2-5.
7. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1989;15(11):512-6.
8. Plotino G, Grande NM, Isufi A, Ioppolo P, Pedullà E, Bedini R, et al. Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs. *J Endod.* 2017.
9. Trushkowsky RD. Restoration of endodontically treated teeth: criteria and technique considerations. *Quintessence Int.* 2014;45(7):557-67.
10. Magne P, Carvalho AO, Bruzi G, Anderson RE, Maia HP, Giannini M. Influence of no-ferrule and no-post buildup design on the fatigue resistance of endodontically treated molars restored with resin nanoceramic CAD/CAM crowns. *Oper Dent.* 2014;39(6):595-602.
11. Leinfelder KF. A conservative approach to placing posterior composite resin restorations. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(6):743-8.
12. Thomaidis S, Kakaboura A, Mueller WD, Zinelis S. Mechanical properties of contemporary composite resins and their interrelations. *Dent Mater.* 2013;29(8):e132-41.
13. Seemann R, Flury S, Pfefferkorn F, Lussi A, Noack MJ. Restorative dentistry and restorative materials over the next 20 years: a Delphi survey. *Dent Mater.* 2014;30(4):442-8.
14. Mannocci F, Bertelli E, Sherriff M, Watson TF, Pitt Ford TR. Three-year clinical comparison of survival of endodontically treated teeth restored with either full cast coverage or with direct composite restoration. 2002. *Int Endod J.* 2009;42(5):401-5.
15. Atalay C, Yazici AR, Horuztepe A, Nagas E, Ertan A, Ozgunaltay G. Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored With Bulk Fill, Bulk Fill Flowable, Fiber-reinforced, and Conventional Resin Composite. *Oper Dent.* 2016;41(5):E131-E40.
16. Rosatto CM, Bicalho AA, Veríssimo C, Bragança GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent.* 2015;43(12):1519-28.
17. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95-109.
18. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013;38(6):618-25.
19. Favero FJ, De Melo TA, Stona D, Mota EG, Spohr AM, Burnett LH. Strengthening effect of horizontally placed fiberglass posts in endodontically-treated teeth restored with direct resin composite. *Am J Dent.* 2015;28(3):143-9.

20. Bromberg CR, Alves CB, Stona D, Spohr AM, Rodrigues-Junior SA, Melara R, et al. Fracture resistance of endodontically treated molars restored with horizontal fiberglass posts or indirect techniques. *J Am Dent Assoc.* 2016;147(12):952-8.
21. Beltrão MC, Spohr AM, Oshima HM, Mota EG, Burnett LH. Fracture strength of endodontically treated molars transfixed horizontally by a fiber glass post. *Am J Dent.* 2009;22(1):9-13.
22. Magne P, Stanley K, Schlichting LH. Modeling of ultrathin occlusal veneers. *Dent Mater.* 2012;28(7):777-82.
23. Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN, Magne P. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J Prosthet Dent.* 2011;105(4):217-26.
24. Johnson AC, Versluis A, Tantbirojn D, Ahuja S. Fracture strength of CAD/CAM composite and composite-ceramic occlusal veneers. *J Prosthodont Res.* 2014;58(2):107-14.
25. Egbert JS, Johnson AC, Tantbirojn D, Versluis A. Fracture strength of ultrathin occlusal veneer restorations made from CAD/CAM composite or hybrid ceramic materials. *Oral Science International.* 2015;12(2):53-8.
26. Stona D, Burnett LH, Mota EG, Spohr AM. Fracture resistance of computer-aided design and computer-aided manufacturing ceramic crowns cemented on solid abutments. *J Am Dent Assoc.* 2015;146(7):501-7.
27. Rodrigues FB, Paranhos MPG, Spohr AM, Oshima HMS, Carlini B, Burnett Jr LH. Fracture resistance of root filled molar teeth restored with glass fibre bundles. *International Endodontic Journal.* 2010;43(5):356-62.
28. Forberger N, Göhring TN. Influence of the type of post and core on in vitro marginal continuity, fracture resistance, and fracture mode of lithia disilicate-based all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 2008;100(4):264-73.
29. Clausen JO, Abou Tara M, Kern M. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. *Dent Mater.* 2010;26(6):533-8.
30. Al-Akhali M, Chaar MS, Elsayed A, Samran A, Kern M. Fracture resistance of ceramic and polymer-based occlusal veneer restorations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017;74:245-50.
31. Sasse M, Krummel A, Klosa K, Kern M. Influence of restoration thickness and dental bonding surface on the fracture resistance of full-coverage occlusal veneers made from lithium disilicate ceramic. *Dent Mater.* 2015;31(8):907-15.
32. Kassem AS, Atta O, El-Mowafy O. Fatigue resistance and microleakage of CAD/CAM ceramic and composite molar crowns. *J Prosthodont.* 2012;21(1):28-32.
33. DeLong R, Douglas WH. Development of an artificial oral environment for the testing of dental restoratives: bi-axial force and movement control. *J Dent Res.* 1983;62(1):32-6.
34. Rocca GT, Krejci I. Crown and post-free adhesive restorations for endodontically treated posterior teeth: from direct composite to endocrowns. *Eur J Esthet Dent.* 2013;8(2):156-79.
35. Shirakura A, Lee H, Geminiani A, Ercoli C, Feng C. The influence of veneering porcelain thickness of all-ceramic and metal ceramic crowns on failure resistance after cyclic loading. *J Prosthet Dent.* 2009;101(2):119-27.
36. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2014;93(10):943-9.
37. Ornaghi BP, Meier MM, Rosa V, Cesar PF, Lohbauer U, Braga RR. Subcritical crack growth and in vitro lifetime prediction of resin composites with different filler distributions. *Dent Mater.* 2012;28(9):985-95.

38. Rauber GB, Bernardon JK, Vieira LC, Maia HP, Horn F, Roesler CR. In Vitro Fatigue Resistance of Teeth Restored With Bulk Fill versus Conventional Composite Resin. *Braz Dent J*. 2016;27(4):452-7.
39. Aslan T, Sagsen B, Er Ö, Ustun Y, Cinar F. Evaluation of fracture resistance in root canal-treated teeth restored using different techniques. *Niger J Clin Pract*. 2018;21(6):795-800.
40. Karzoun W, Abdulkarim A, Samran A, Kern M. Fracture strength of endodontically treated maxillary premolars supported by a horizontal glass fiber post: an in vitro study. *J Endod*. 2015;41(6):907-12.
41. Dietschi D, Argente A, Krejci I, Mandikos M. In vitro performance of Class I and II composite restorations: a literature review on nondestructive laboratory trials--part II. *Oper Dent*. 2013;38(5):E182-200.
42. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2012;14(5):407-31.
43. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Fischer NG, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T, et al. Wear of resin composites: Current insights into underlying mechanisms, evaluation methods and influential factors. *Jpn Dent Sci Rev*. 2018;54(2):76-87.
44. Silame FDJ, Geraldeli GP, Sinhoreti MAC, Pires-de-Souza FCP, Roulet JF, Geraldeli S. Dentin  $\mu$ TBS and Hardness of Bulk-fill and Conventional Composites Placed in a Box-shaped Cavity Preparation. *J Adhes Dent*. 2017;19(5):395-400.
45. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(6):492-501.
46. Gamarra V, Borges G, Júnior L, Spohr A. Marginal adaptation and microleakage of a bulk- fill composite resin photopolymerized with different techniques. *Official Journal of the Society of the Nippon Dental University*. 2018;106(1):56-63.
47. Oliveira LRS, Braga SSL, Bicalho AA, Ribeiro MTH, Price RB, Soares CJ. Molar cusp deformation evaluated by micro-CT and enamel crack formation to compare incremental and bulk-filling techniques. *J Dent*. 2018;74:71-8.
48. de Assis FS, Lima SN, Tonetto MR, Bhandi SH, Pinto SC, Malaquias P, et al. Evaluation of Bond Strength, Marginal Integrity, and Fracture Strength of Bulk- vs Incrementally-filled Restorations. *J Adhes Dent*. 2016;18(4):317-23.
49. Hegde V, Sali AV. Fracture resistance of posterior teeth restored with high-viscosity bulk-fill resin composites in comparison to the incremental placement technique. *J Conserv Dent*. 2017;20(5):360-4.
50. van Dijken JW, Pallesen U. Randomized 3-year clinical evaluation of Class I and II posterior resin restorations placed with a bulk-fill resin composite and a one-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent*. 2015;17(1):81-8.
51. van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent*. 2016;51:29-35.
52. van Dijken JWV, Pallesen U. Bulk-filled posterior resin restorations based on stress-decreasing resin technology: a randomized, controlled 6-year evaluation. *Eur J Oral Sci*. 2017;125(4):303-9.
53. Heck K, Manhart J, Hickel R, Diegritz C. Clinical evaluation of the bulk fill composite QuiXfil in molar class I and II cavities: 10-year results of a RCT. *Dent Mater*. 2018;34(6):e138-e47.
54. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*. 2014;42(8):993-1000.
55. Nicola S, Alberto F, Riccardo MT, Allegra C, Massimo SC, Damiano P, et al. Effects of fiber-glass-reinforced composite restorations on fracture resistance and failure mode of endodontically treated molars. *J Dent*. 2016;53:82-7.
56. Henkes AJ. Avaliação in vitro da resistência à fratura de molares tratados endodonticamente com preparos cavitários MOD transfixados com um pino de fibra de vidro experimental [tese]. Porto Alegre: PUCRS, 2017.

57. Lee A, He LH, Lyons K, Swain MV. Tooth wear and wear investigations in dentistry. *J Oral Rehabil.* 2012;39(3):217-25.
58. Muts EJ, van Pelt H, Edelhoff D, Krejci I, Cune M. Tooth wear: a systematic review of treatment options. *J Prosthet Dent.* 2014;112(4):752-9.
59. Magne P, Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J Prosthet Dent.* 2010;104(3):149-57.
60. Andrade JP, Stona D, Bittencourt HR, Borges GA, Burnett LH, Spohr AM. Effect of Different Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing (CAD/CAM) Materials and Thicknesses on the Fracture Resistance of Occlusal Veneers. *Oper Dent.* 2018;43(5):539-48.
61. Kruzic JJ, Arsecularatne JA, Tanaka CB, Hoffman MJ, Cesar PF. Recent advances in understanding the fatigue and wear behavior of dental composites and ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;88:504-33.
62. Taha NA, Maghaireh GA, Ghannam AS, Palamara JE. Effect of bulk-fill base material on fracture strength of root-filled teeth restored with laminate resin composite restorations. *J Dent.* 2017;63:60-4.
63. Chen C, Trindade FZ, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. *Dent Mater.* 2014;30(9):954-62.
64. Magne P, Cheung R. Numeric simulation of occlusal interferences in molars restored with ultrathin occlusal veneers. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):132-7.
65. Schlichting LH, Resende TH, Reis KR, Magne P. Simplified treatment of severe dental erosion with ultrathin CAD-CAM composite occlusal veneers and anterior bilaminar veneers. *J Prosthet Dent.* 2016;116(4):474-82.
66. Stawarczyk B, Basler T, Ender A, Roos M, Ozcan M, Hämmerle C. Effect of surface conditioning with airborne-particle abrasion on the tensile strength of polymeric CAD/CAM crowns luted with self-adhesive and conventional resin cements. *J Prosthet Dent.* 2012;107(2):94-101.
67. Skouridou N, Pollington S, Rosentritt M, Tsitrou E. Fracture strength of minimally prepared all-ceramic CEREC crowns after simulating 5 years of service. *Dent Mater.* 2013;29(6):e70-7.
68. Alrobeigy, NA. Mechanical properties of contemporary resin composites determined by nanoindentation. *Tanta Dental Journal.* 2017;14(3):129-138.

**ANEXO A – CARTA DE APROVAÇÃO DO CEP- PUCRS**

	<b>SIPESQ</b> Sistema de Pesquisas da PUCRS
Código SIPESQ: 9125	Porto Alegre, 18 de janeiro de 2019.
Prezado(a) Pesquisador(a),	
<p>A Comissão Científica da ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE da PUCRS apreciou e aprovou o Subprojeto de Pesquisa "Carga máxima de carregamento e modo de falha de diferentes materiais e técnicas restauradoras oclusais em molares endodonticamente tratados" vinculado ao Projeto Guarda-Chuva "6874 - INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MATERIAIS E TÉCNICAS RESTAURADORAS NA CARGA MÁXIMA DE CARREGAMENTO EM MOLARES TRATADOS ENDODONTICAMENTE".</p>	
Atenciosamente,	
Comissão Científica da ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE	



**ANEXO B - TERMO DE DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

---

**TERMO DE DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS**

Eu, \_\_\_\_\_,  
 RG \_\_\_\_\_, residente à \_\_\_\_\_, nº  
 \_\_\_\_\_, na cidade de \_\_\_\_\_ aceito doar o(s) dente(s)  
 \_\_\_\_\_ para pesquisa de Doutorado a ser realizada na Faculdade de  
 Odontologia da PUCRS, intitulada “Carga máxima de carregamento e modo de falha  
 de diferentes materiais e técnicas restauradoras oclusais em molares endodonticamente  
 tratados” sob responsabilidade dos pesquisadores Cilea Slomp e Dr. Luiz Henrique  
 Burnett Júnior. Estou ciente de que o(s) dente(s) foi(foram) extraído(s) por indicação  
 terapêutica para a melhoria da minha saúde, como documentado em meu prontuário. O  
 projeto de pesquisa foi previamente aprovado pela Comissão Científica e de Ética da  
 Faculdade de Odontologia e, a seguir, pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS.  
 Fui informado que caso não aceitasse doar os dentes para a pesquisa, meu tratamento  
 não seria prejudicado. Fui informado também que a minha identidade na divulgação dos  
 resultados será preservada.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do doador

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do Pesquisador Responsável

\_\_\_\_\_  
 Testemunha

Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 6  
 Porto Alegre - RS

Fone: (51)3320-3562  
 E mail: odontologia@pucrs.br



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
Pró-Reitoria de Graduação  
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar  
Porto Alegre - RS - Brasil  
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564  
E-mail: [prograd@pucrs.br](mailto:prograd@pucrs.br)  
Site: [www.pucrs.br](http://www.pucrs.br)